

# SKYACTIV-G, a Mazda új benzinmotorja

A Mazda Skyactiv generációhoz tartozó szívó benzinmotorja a korábbi PFI-motorhoz képest 15%-os fogyasztáscsökkenést, valamint a teljes fordulatszám-tartományban 15%-os nyomatéknövekedést mutat fel. A motor technikai csúcspontja, mely a motor kimagasló összhatásfokát eredményezi, a 14,0:1 értékű kompresszióviszony. A Mazda nagy kompresszióviszony okozta nehézségek áthidalására egy sor technikai megoldást fejlesztett ki.



## A Skyactiv-G fejlesztési céljai

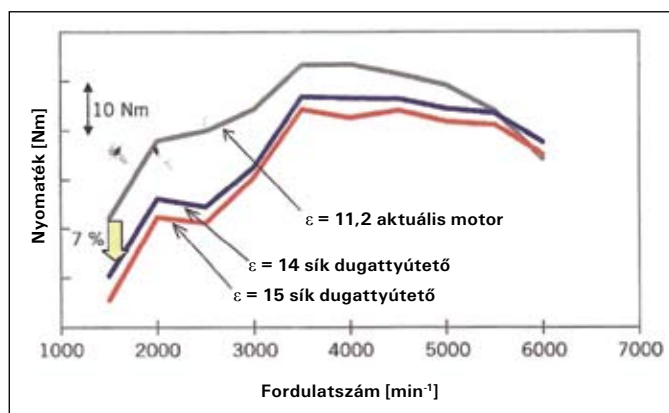
Ahhoz, hogy egy benzinmotor hatásfokát növelhessük, növelni kell a kompresszióviszonyt, csökkenteni a fojtási veszteségeket és a mechanikai súrlódást. A Mazda a Skyactiv-G benzinmotorjánál NEFZ-ciklus szerint mérve 15%-kal csökkentett tüzelőanyag-felhasználást, valamint 15%-kal nagyobb teljesítményt célozott meg a teljes üzemi fordulatszám-tartományban összehasonlítva a jelenlegi Mazda PFI (Port Fuel Injection – hengerenkénti benzinbefecskendezés) motorjával, a 2,0 l-es MZR-motorral.

Ezen célok teljesítése végett a Skyactiv-G motorral a Mazda az alábbiakat tűzte maga elé:

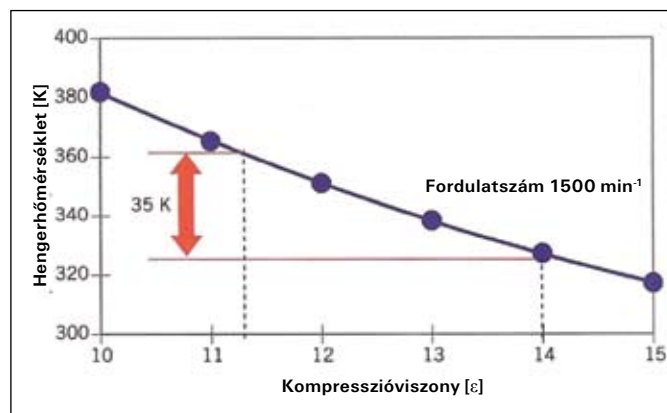
- a kompresszióviszony növelése 14:1-es értékre,
- szívómotor-konceptió, a nagy kompresszióviszony miatt,
- a nagy kompresszióviszony ellenére az égéstartam ne hosszabbodjon,
- fojtási veszteségek csökkentése 20%-kal,
- a mechanikai veszteségek csökkentése 30%-kal,
- a volumetrikus hatásfok növelése 10%-kal.

## Kihívások nagy kompresszióviszonyú motornál

A nagy kompresszióviszonyú motor kifejlesztésekor két komoly nehézségbe ütköztek a Mazda mérnökei. Az egyik a nagy terhelésen, visszavett előgyújtásnál is a fokozott nagy sebességű kopogási hajlam, mely a nyomatékokat csökkenti. A másik pedig a nagy külső hőmérsékletnél és kis oktánszámú benzinnél a nagy öngyulladás



1. ábra



2. ábra



**3. ábra:** jelenlegi benzinmotor-dugattyú

rizikó, különösen a nagy terhelésű gyorsításnál. A legfontosabb feladat, hogy ezekkel az abnormális égésfolyásokkal szembeni ellenálló képességet növeljék.

### Teljesítményvesztés kopogásos égéskor

Az **1. ábra** mutatja a teljesítményvesztéséget a közvetlen befecskendezésű motor egy korai fejlesztési szakaszában, ahol a kompresszióviszonyt  $\epsilon = 11,2$ -ről  $\epsilon = 14,0$ -re növelték.  $1500 \text{ min}^{-1}$ -nél a gyújtási időpontot vissza kellett venni, mely 7%-os nyomatékcsökkenéshez vezetett. Ez viszont mégis kisebb érték, mint amit a Mazda mérnökei vártak. Tovább csökken a nyomaték, ha a kompresszióviszonyt  $\epsilon = 15,0$ -re növelik. Az égésanalízis eredményeként kiderült, hogy a növelt kompresszióviszony következményeként enyhe exoterm reakció (kis hőmérsékletű oxidáció) játszódik le a gyújtás előtt, mely a nyomatékvesztéshez vezet.



**4. a ábra:** Skyactiv-G dugattyú

A nagy kompresszióvissonnyal együtt járó kopogásihajlam-növekedés a hengerben kialakuló növekvő gázhőmérséklet és -nyomás következménye. A **2. ábra** mutat egy



**4. b ábra**

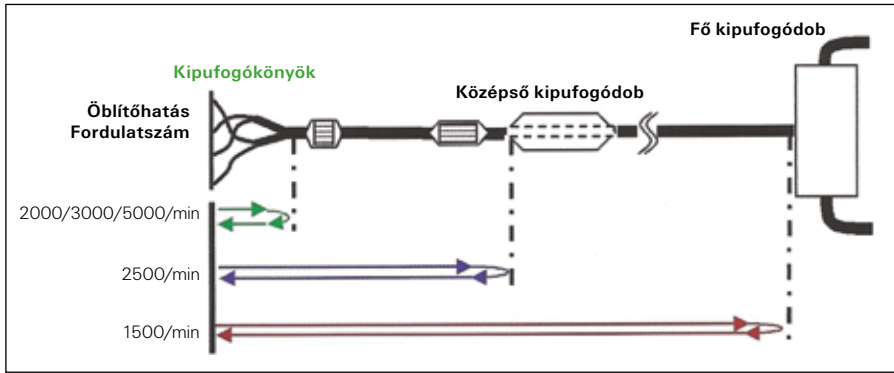


**4. c ábra**



**5. ábra**





6. ábra

numerikus szimulációt, mely a két paraméter összefüggésére világít rá. Egy kisebb gázhőmérséklet a szívási folyamat végén a hengerben a nagy kompresszióviszony által lerontott kopogási hajlamot kompenzálja. Amennyiben a hengerben a kiinduló hőmérséklet (gázhőmérséklet zárt szívószelepnél) 35 K-nel csökken, úgy a kompresszióviszony 11,2:1-ről 14,0:1-re növelhető anélkül, hogy a kopogási hajlam 1500 min<sup>-1</sup>-nél fokozódjon.

### A kopogási hajlam csökkentése gyorsabb égéssel

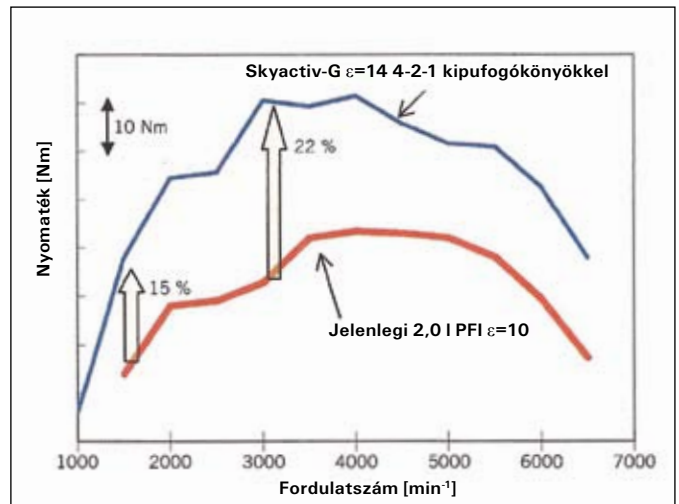
A fejlesztés kezdetén egy hagyományos sík tetejű dugattyút alkalmaztak (3. ábra), melynél a kompresszióviszony növelése érdekében a dugattyútetőt trapézformában megemelték. Ez azonban kisebb termikus hatásfokhoz vezetett, mert a kezdeti lángfront kedvezőtlenül találkozik a dugattyútetővel. Ezáltal nő a hűtési veszteség és a szabályos lángterjedést meggátolja. Csak egy félgömb alakú dugattyúkamrával sikerült a lángfrontot megfelelően kiterjeszteni

(4. ábra). Ezzel a változtatással a főégéstartam (ahol az elégett tüzelőanyag-részhányad 10 és 90% közé esik) 1500-as min<sup>-1</sup>-nél 1 főtengelyfokkal lerövidült. Ezzel egyidőben a kopogási hajlam is csökkent, mellyel 2%-os nyomatéknövekedést értek el. Az égéslefordulás további javítására a szívócsatorna belépési szögét, valamint a szelepelhelyezés szögét optimalizálták, valamint a hengerfuratot a jelenlegi 2,0 l-es motorhoz képest lecsökkentették (87,5 mm-ről 83,5 mm-re). Ezzel az égéstartam további 2 főtengelyfokkal rövidült és a nyomaték 4%-kal nőtt.

### A kopogási hajlam csökkentése a tüzelőanyag elpárologtatásával

Ahhoz, hogy a tüzelőanyag párologási hőmérsékletét hatásosan ki lehessen használni a gázhőmérséklet csökkentésé-

re, a tüzelőanyag-nyomást 1500 min<sup>-1</sup>-nél 10 MPa-ra (100 barra) növelték, ezen túlmenően hatfuratos porlasztót (MHI – Multi Hole Injector – többlyukú befecskendező) alkalmaztak, melynél a sugár áthatoló képességét és a befecskendezési szögét optimalizálták. A hengerhőmérséklet analízise jobb hőmérséklet-eloszlást mutatott a szétosztott befecskendezés, valamint a 6 K-nel csökkentett kiinduló hőmérséklet miatt. Ezzel az effektussal a kopogási hajlamot tovább csökkentették és a nyomatékot 3,5%-kal növelték.



7. ábra

### A volumetrikus hatásfok és a kopogási viselkedés javítása

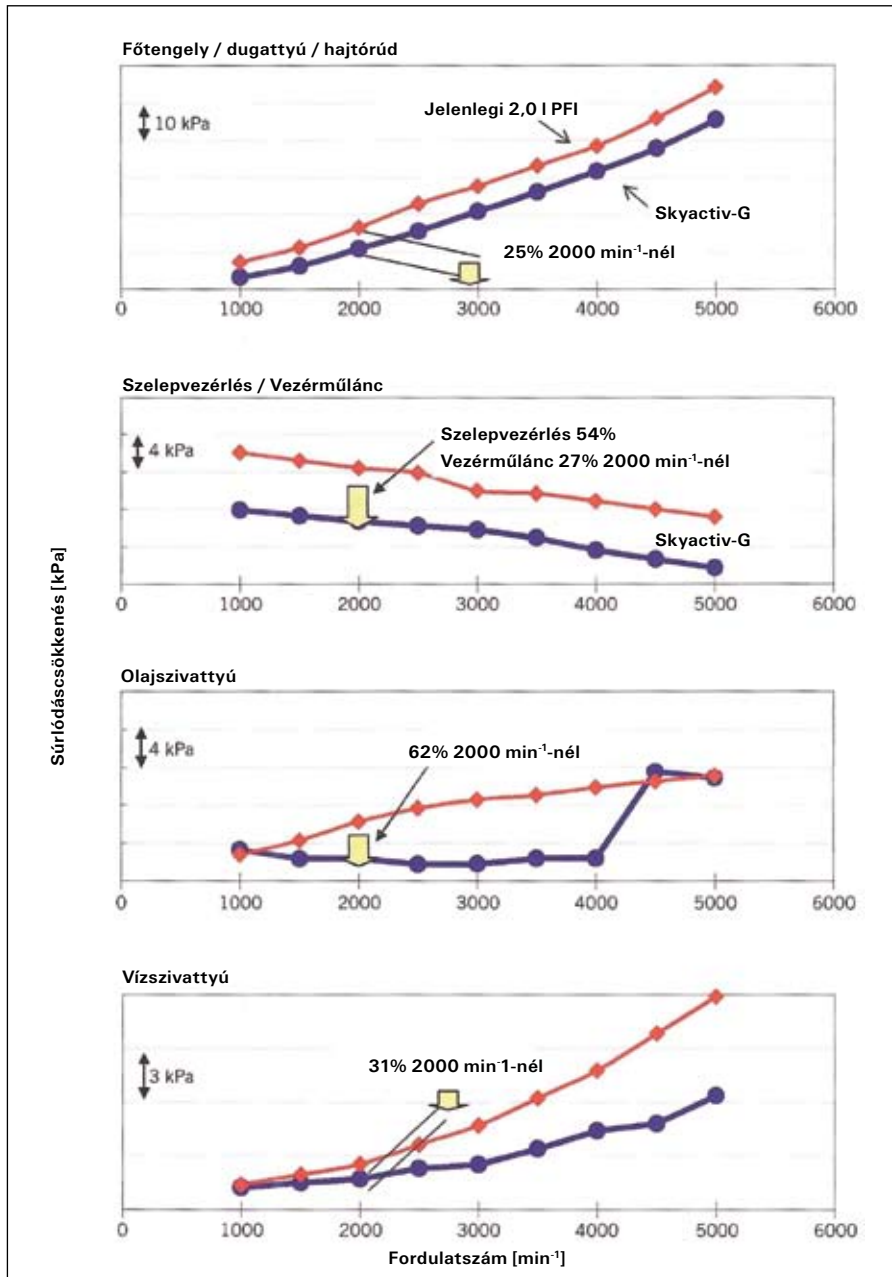
Az eddigi 4 az 1-be csatlakozó kipufogókönyökkel a visszamaradt kipufogógáz-hányad a hengerben 6,7% volt. A Mazda mérnökei azonban törekedtek arra, hogy a visszamaradó kipufogógáz-hányadot 3,9%-ra csökkenték, mellyel a kezdeti hengerhőmérséklet 18 K-nel csökkent és a töltési fok 9%-kal nőtt.

A nagy hengerátöblítés eléréséhez a leghatásosabb a kipufogórendszert optimalizálni. Amikor az egyik hengerben szelepváltás következik és épp akkor érkezik egy kipufogógáz-nyomáshullám ahhoz a hengerhez, abban az esetben a maradékgáz-hányad megnövekszik, mely a kopogási hajlamot növeli. Hogy ezt az effektust még 2000 min<sup>-1</sup>-es fordulaton felett is elkerüljék, egy hosszú 4-2-1 becsatlakozású kipufogókönyököt alkalmaznak (5. ábra).



9. ábra: Skyactiv-G főtengely





8. ábra

A jó átöblítéshez szükséges szelepváltáskor a depresszióhullám. A megfelelően kialakított kipufogórendszer tág fordulatszám-tartományon hozza létre a kívánt átöblítési effektust (6. ábra). Ezáltal a kopogási hajlam és a volumetrikus hatásfok 9%-kal javult és a nyomaték további 7,5%-kal növekedett. A 7. ábra mutatja a 2,0 I Skyactiv-G motor javított nyomatékgörbáját. Összehasonlítva a hagyományos 2,0 I-es PFI-motorral a nyomaték a teljes fordulatszám-tartományon több mint 15%-kal növekedett, a 11,2:1 kompressziójú közvetlen befecskendezéses motorral szemben is a javulás 10%-os.

## Ellenálló képesség az öngyulladásal szemben

Különösen kedvezőtlen környezeti feltételek mellett egy nagy kompresszióviszonyú motornál fontos, hogy az abnormális égést, mint a detonációs öngyulladás, elkerüljék. Az öngyulladás elkerüléséhez egy igényes szabályzórendszert kellett kifejleszteni. Emiatt az alábbi pontok különösen nagy szerepet játszanak:

- környezeti feltételek (a beszívott levegő nedvességtartalma és hőmérséklete, hűtőfolyadék-hőmérséklet, oktánszám,

megnövekedett kompresszió lerakódások miatt stb.)

- a bemeneti jellemzők hatékonysága (befecskendezés lefolyása, szívószelep zárási ideje stb.)

Amennyiben meghatározott körülmények öngyulladásra vezetnek, a Skyactiv-G szabályzórendszere az égésmintához képesti kis eltérést is felismeri az ionáram megváltozásának következtében. Ennek értelmében bedúsítja a keveréket és megváltoztatja a szívószelepek zárási idejét annak érdekében, hogy a további öngyulladást elkerülje.

## A kipufogógáz-utókezelő rendszer fejlesztése

A hosszú 4-2-1-es kipufogórendszer miatt a katalizátor kevésbé gyorsan melegszik fel, mint a hagyományos rövid 4-1 kipufogórendszerrel és motorközeleli katalizátorral, és ezzel a kipufogógáz-tisztítás megszólalási ideje is hosszabbodik. Továbbá a kompresszióviszonnyal együtt nő az elégetlen szénhidrogének részaránya is. Figyelembe véve a jövőben bevezetendő szigorú emissziós normákat, szükséges egyéb intézkedéseket is kifejleszteni a károsanyag-kibocsátás csökkentése érdekében. Mivel a szénhidrogének azelőtt kijutnak a rendszerből, mielőtt a katalizátor az üzemi hőmérsékletét elérné, emiatt fontos, hogy a katalizátor gyorsan felmelegedjen, valamint a szénhidrogén-kibocsátást addig is csökkenteni kell.

Hogy a felmelegedési szakaszban a HC-emissziót csökkentsék, a Mazda mérnökei megnövelték a befecskendezési nyomást induláskor 0,43-ról 6 MPa-ra (60 barra). Ettől a HC-szint lecsökken a felmelegedési fázisban közel a felére. A katalizátor gyors felmelegedéséhez a kipufogógáz hőmérsékletét kell megnövelni, melyhez a leghatásosabb eljárás a késői gyújtás. Túlzott késői gyújtás azonban instabil égéshez vezet és bekorlátozza a kipufogógáz-hőmérséklet növelését. A Skyactiv-G esetében a közvetlen befecskendezés ideális levegő-tüzelőanyag keveréket biztosít a gyújtógyertyánál, és lehetővé teszi a szegény rétegezett keveréket. Ez az effektus, valamint a nagyobb égésstabilitás a nagyobb kompresszió által jelentősen hatástalanítja a késői gyújtás és az égésstabilitás közötti „konfliktust”. Következésképpen a Mazda a katalizátor gyors felmelegedését és stabil égést ért el a hosszú 4-2-1 kipufogókönnyök ellenére is.

## A növelt kompresszióviszony és a csökkentett fojtási veszteség következménye

A kezdeti kísérletek alapján az  $\epsilon = 13,0$  kompresszióviszony felett nem jön létre további fogyasztáscsökkenés. Az ok az, hogy a lapos dugattyútető közel van a gyújtógyertyához és a kezdeti égéskiterjedést meggátolja. Ellenintézkedésként a Mazda mérnökei a jobb égéskiterjedést lehetővé tették a félgömb alakú dugattyútető és az intenzív levegő-bukóáramlás (thumble) kombinációjával, mely a teljes terheléskori nyomatékvesztés ellen is hatásos. Emellett a hűtési veszteség is csökkent, így a hőátadás a lángmag és a dugattyútető között csökkent. A hengerfurat csökkentésével a hűtési veszteség tovább csökkent, mellyel a termikus hatásfok jelentősen növekedett.

A jelentős fojtási veszteség csökkenése is visszavezethető a megnövelt kompresszióviszonyra. A fojtási veszteségek csökkentésének hagyományos eljárása a szívószelepek késői zárásával, illetve a külső

kipufogógáz-visszavezetéssel van megoldva. Ekkor azonban az égésszabályozás csökken, a fojtási veszteség pedig csak korlátozottan csökken. A Skyactiv-G-nél azonban a nagy kompresszióviszony miatt a kései szívószelezárás kielégítő effektív kompresszióviszonyt biztosít a belső kipufogógáz-visszavezetéssel együtt. Az eredmény egy olyan stabil égésfolyás, mint amilyen a hagyományos PFI-motorban zajlik le, habár a belső kipufogógáz-visszavezetés az AHP után 110 főtengelyfokkal történő szívószelezárás miatt megnőtt és a szelepösszenyitás az állítható szelepvezérlés miatt megnövekedett. Így a fojtási veszteségek kb. 20%-kal csökkentek.

## A mechanikai veszteségek csökkentése

Összehasonlítva az eddigi 2,0 l-es PFI motorral, a mechanikai vesztesége a Skyactiv-G motornak megközelítőleg 30%-kal csökkent.

Az optimalizált motorkomponensek (8. ábra):

- Dugattyú, hajtórúd és főtengely: 52 mm-ről 47 mm-re csökkentették a forgattyúcsa-

pok átmérőjét (9. ábra), 38%-kal csökkentették a dugattyúgyűrű feszítését.

- Szelepvezérlés a vezérműláncsal: görgős szelepelemők alkalmazása, a szelepleket erejének csökkentése optimalizált bütyökprofilal, a láncsúrlódás csökkentése a nagy merevség pontos vezetésével, a láncfeszítés csökkentése egyenszilárd terhelésselosztású láncfeszítővel.
- Olajjellátás: a nyomásvesztés csökkentése egyszerűsített csatornaelrendezéssel, a hidraulikus komponensek szükséges olajnyomásának minimalizálása és ezáltal kisebb szívárgás, az olajnyomás csökkentése részterhelésen elektronikus szabályozott olajszivattyúval és változtatható olajnyomással.
- Hűtőrendszer: a hűtőrendszer ellenállásának csökkentése, nagy hatásfokú vízszivattyú alkalmazása műanyag szivattyúkerékkel.

SZARKA JÁNOS

Forrás:

Tsoyushi Goto, Ritarou Isobe, Masahisa Yamakawa, Masami Nishida: Der neue Ottomotor Skyactiv-G von Mazda, MTZ 06/2011

új Kelle CD

www.kelle.hu

Kelle CD

termékkatalógus

megújult honlap új termékcsoporthoz autótípusra keresés bármely szám funkció tartalom megnevezések

CSERGŐ  
OPEL ALKATRÉSZ CENTRUM

SZÉCHENYI TERV

Befejeződött a Csergő Kft. technológiai és információs eszköz beszerzése, valamint infrastrukturális beruházása

A Csergő Kft. pályázatot nyújtott be 2010. októberében a MAG Zrt.-hez. A KMOP-1.2.1-10/B jelű kiírás a kis- és középvállalkozások technológia fejlesztését célozta meg. A Csergő Kft. közel 25 millió forint uniós támogatást nyert technológia és informatikai eszközök beszerzésére, infrastrukturális beruházásra. Csergő Ferenc, a cég ügyvezetője elmondta, hogy a beruházás keretében lehetőség nyílt polcrendszer kialakítására, új diagnosztikai eszközök beszerzésére, kamera megfigyelő rendszer és füst-gáz elszívó berendezés telepítésére, felvonó beszerelésére, valamint vállalatirányítási rendszer bevezetésére.

A projekt megvalósításával a vállalkozás alkalmazotti létszáma bővült 2 új munkavállaló felvételével, akik közül az egyik a hazai munkaerőpiacról gyakran kiszoruló 50 év feletti munkavállaló. A beruházás megvalósításánál figyelembe vették, hogy az eszközök beszerzése, illetve az építési tevékenység kivitelezése ISO minősítéssel rendelkező cégek bevonásával valósuljon meg. Legvégül, de nem utolsónak sorban a projekt hatására a vállalkozás bevezette az újrahasznosított papír használatát az irodai munkák során.

Nemzeti Fejlesztési Operatív Program  
www.szecshenyiterv.gov.hu  
06 41 826 636

HUNGARIAN REPUBLIC

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.