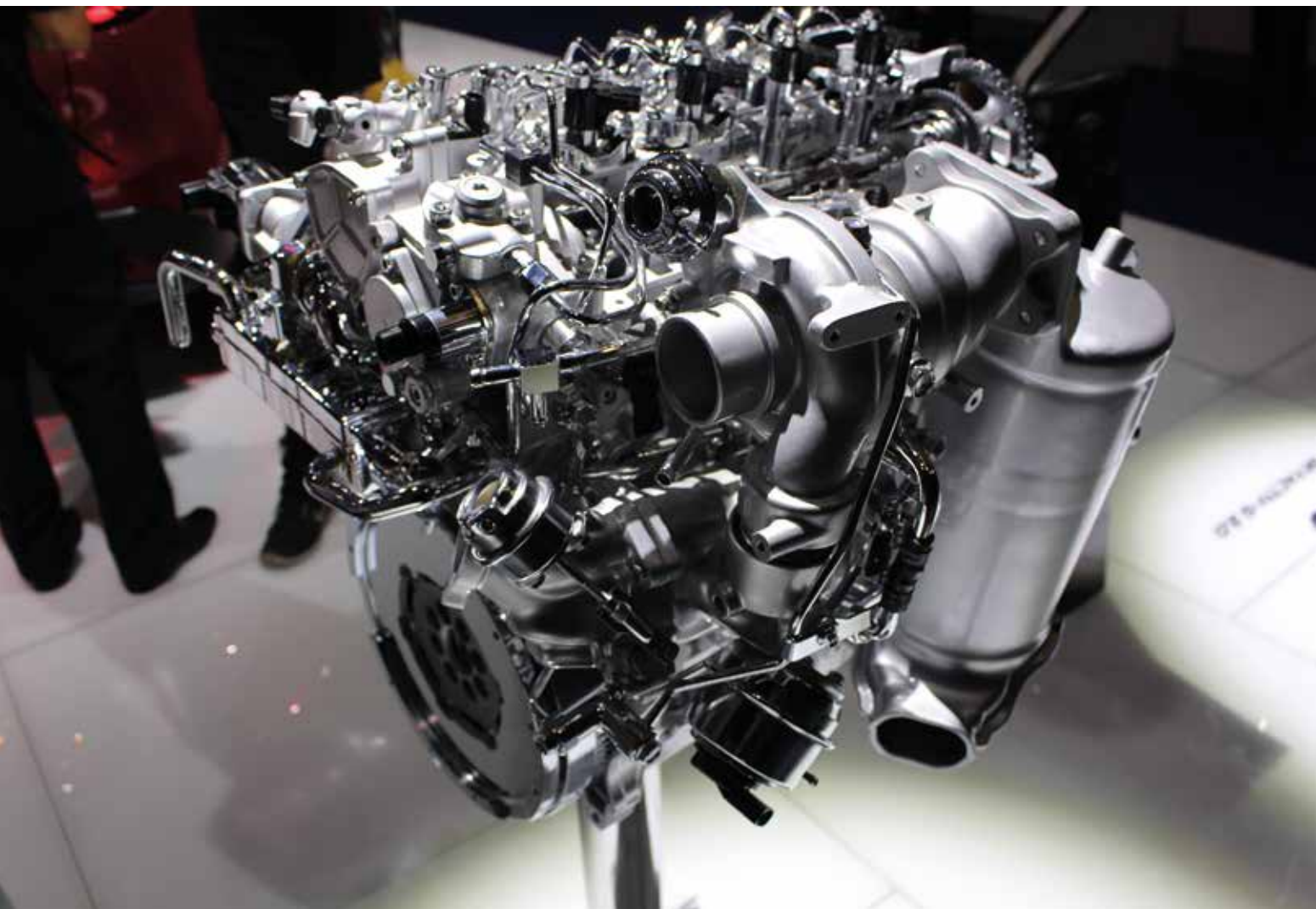


# A MAZDA SKYACTIV-D TURBÓTÖLTŐJE



A Mazda autóépítési koncepcióinak sorában, melyekkel általában meg tudták lepni a világot, az egyik átfogó a SKY- vagy SkyActiv-technológia. Ebben a motortechika, mind a benzines, mind a dízelmotor forradalmi újításokat hozott. A fejlesztéstörténet a 2011. évi világpremiert megelőzően bizonyára akár közel egy évtizeddel is korábban kezdődött. Lapunk hasábjain nagy figyelmet fordítottunk a technikai részletekre, melyek mind a mai napig az élvonalhoz tartoznak. Cikkünk a Skyactiv dízelmotor feltöltési rendszerét ismerteti.



DR. NAGYSZOKOLYAI IVÁN

A Skyactiv-D 2.2 (SH-VPTS) motort 2012 végétől a Mazda CX5, később a Mazda6 és a Mazda3 modellekbe építik be. A motornak a világ teljes motorkínálatában mind a mai napig egyedülálló jellemzője, hogy az Euro6-os előírásnak (egyelőre az NEDC-teszt szerint ismerjük az emissziós értékét) úgy tud megfelelni, hogy nincs szüksége nitrogén-oxid redukciós kipufogógáz utókezelésre. Például tárolókatalizátorra (LNT, NSC) vagy SCR-re. (Oxidációs katalizátort és részecskeszűrőt természetesen alkalmazniuk kellett.) NO<sub>x</sub>-redukció eredendően azért nem kell, mert a lánghőmérsékletet sikerült,

elsősorban a motor kompresszióviszonyának 14:1 értékre való beállításával, jelentősen csökkenteni. A hőmérsékletet a külső és a belső kipufogógáz-visszavezetés is csökkentti. A kis kompresszióviszony-érték egyedül hidedindítási nehézséget okozhat, melyet több módon is kivédtek. A mai gyors és nagy hőmérsékletű izzógyertyák mellett a szelepvezérlést is módosították: a motor szívó ütemében, az ekkor kicsit megnyitott kipufogószelepen keresztül meleg gázt tud a motor a kipufogóból visszaszívni. Az égésfolyamat módosításával pedig érdemi hatásfoknövelést, fogyasztáscsökkentést – 20%-ról is beszélnek – tudtak elérni.

A motor feltöltési rendszere is a kompromisszumok nélküli motorigény-kielégítés jegyében született. A Skyactiv 2.2 dízelmotor sorozatgyártásának első két évében jelentkeztek problémák. Visszahívás történt a szelepvezérlés hibája, rendellenes kopása miatt. A koromszűrő regenerálásához szükséges késői befecskendezés motorolaj-felhígulást, olajsint-növekedést okozott. A gyártó mindkét problémát véglegesen megoldotta. Az utóbbi években a Skyactiv-D az egyik legmegbízhatóbb dízelmotor.

A Skyactiv-D feltöltő rendszere, hasonlóan más gyártók megoldásához, egy kisnyomású (LP) és egy nagynyomású (HP) turbófeltöltőt tartalmaz. Az LP töltő geometriai mérete nagyobb mint a HP töltőé, ezért az előbbit nagy, az utóbbit kis töltőnek is nevezzük ❶.

A töltők azonosítói:

LP töltő

HONEYWELL MADE IN

KOREA

SH01-13700

LP 810357-0002

QKO\_02808\_K



❷

HP töltő ❷

HONEYWELL MADE IN KOREA

SH01-13700

SYSTEM 810358-0002

HP 810356-0001

QKO\_04156\_K

A két töltő összekötése és a változtatható gázút kapcsolása a töltők együttműködésének több módját is lehetővé teszi. Ezt nevezzük kapcsolt rendszernek, mely kettőnél több, akár 3 vagy 4 töltőt is magában foglalhat.

A feltöltés mértéke ezáltal munkapontonként, jellegmező tartományonként szinte szabadon állítható be és a rendszer instacioner, tehát átmeneti üzemmállapotokban tanúsított viselkedése is kedvező. Ez a feltöltési mód az utóbbi évtizedben kezdett elterjedni.

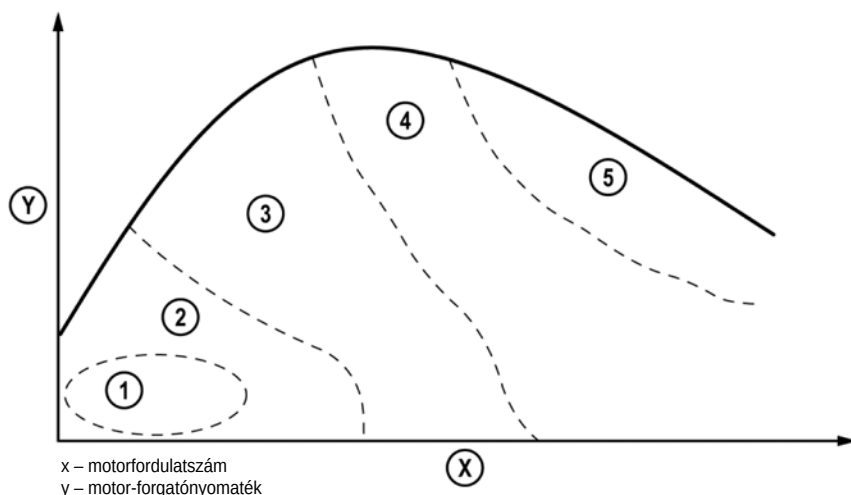
A Skyactiv feltöltés, a töltők együttműködését illetően, alapvetően 5 motorterhelési tartományra osztható fel ❸:

1. motorindítás, motor-felmelegedési tartomány,
2. kis motorfordulatszám-tartomány,
3. közepes motorfordulatszám-tartomány,
4. nagy motorfordulatszám-tartomány,
5. nagy motorfordulatszám- és motorterhelés-tartomány (wastegate vezérlő tartomány).

A töltők kapcsolásának tartományok szerinti módját, a vezérlőszelepek álláshelyzetét a rendszer szerkezeti elemeinek megismerése után tudjuk igazán megérteni.



❶



A teljes rendszer vázlatának bemutatásával kell kezdenünk ❹. Képeskönyvünk a vázlatrajzi elemeket a tényleges szerkezeti részletekkel rendezi össze, így a gyakorlatban – reméljük – gyerekjáték lesz az azonosítás. Szükség lehet erre például akkor, amikor a diagnosztika valamelyik beavatkozót „bepanaszolja”, nekünk pedig – kiváló találati biztonsággal – meg kell találnunk. A motor oldalán az álló elrendezésű töltőegységen két gázbemenetet és két gázkimenetet találunk.

Bemenetek:

- A kipufogógáz-bemenet a hengerfejhez csatlakozik. Az EGR-leágazás ennél előbb van, a hengerfejben lévő gyújtócsövekből kapja a gázt, az egyik kivezetés az EGR-hűtőhöz (17, 18) vezet, a másik annak by-pass ágához (16) megy.
- A töltőegységnek egy levegőbemenete van: a légszűrőtől (23) jövő csövet fogadja.

Kimenetek:

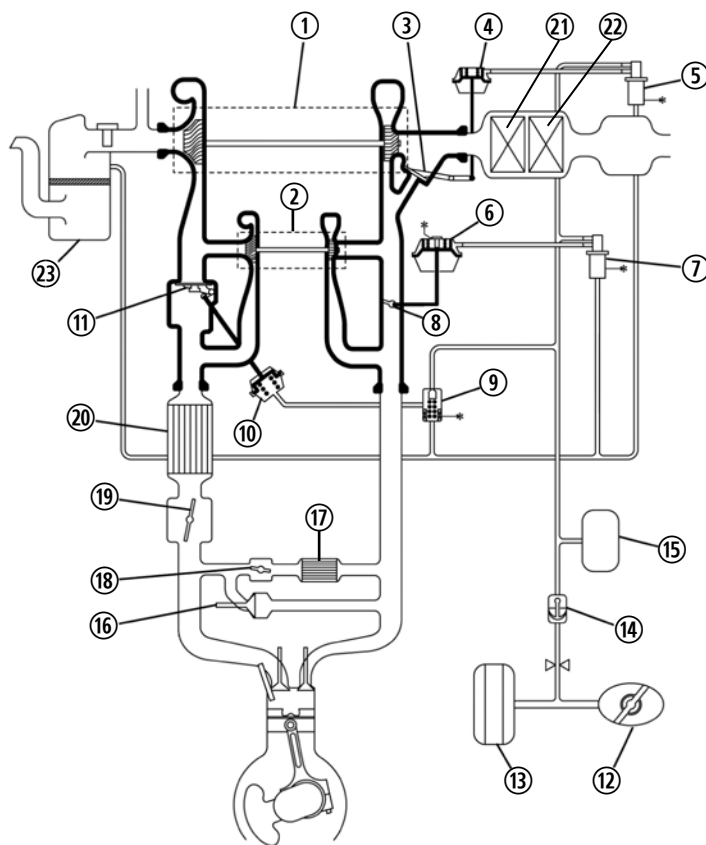
- A komprimált levegő egy csatlakozáson lép ki és jut el a közbenső levegőhűtőbe (20).
- A töltőegységnek egy kipufogógáz-kimenete van, ahhoz a motor közeli kipufogógáz-reaktorhoz (21, 22) csatlakozik.

Az ❺ fénykép a töltő kipufogógáz-bemeneti és kimeneti nyílását mutatja. A vákuumos beavatkozók és az EP (elektropneumatikus) mágnesszelepek vákuummal történő ellátásához összetett vákuumcsövezés áll rendelkezésre.

### TÖLTŐNYOMÁS-VEZÉRLÉS BEAVATKOZÓI

A turbótöltők közül csak a nagy töltőnek van saját gázsabályozása, ez a kisnyomású töltő wastegate szelepe ❹. A kis töltőnek nincs saját fordulatszám-sabályozása, a turbinára rávezetett gáz mennyiségét változtatják a 8-as szeleppel. A töltőnyomás minden-

❸



- ❹ 1 – LP (kisnyomású), vagy nagy turbófeltöltő, 2 – HP (nagynyomású), vagy kis turbófeltöltő, 3 – wastegate, 4 – wastegate beavatkozó, 5 – wastegate-vezérlés EP-szelep, 6 – HP turbina by-pass szelep beavatkozó, 7 – HP turbina by-pass szelep beavatkozó EP-szelepe, 8 – HP turbina by-pass szelep, 9 – HP kompresszor by-pass szelep beavatkozó EP-szelepe, 10 – HP kompresszor by-pass szelep beavatkozó, 11 – HP kompresszor by-pass szelep, 12 – vákuumszivattyú, 13 – szervodob, 14 – visszacsapó szelep, 15 – vákuumkamra, 16 – EGR-hűtő by-pass szelep, 17 – EGR-hűtő, 18 – EGR-szelep, 19 – szívóáglezáró szelep, 20 – közbenső levegőhűtő, 21 – DOC, 22 – DPF, 23 – légszűrő.



5



6



7



8

kor kívánt értékének beállításához az alábbi szelepek 7 szolgálnak:

- wastegate (3),
- HP turbina by-pass szelep (8),
- HP kompresszor megkerülő szelep (11-tétel, 9 ábra).

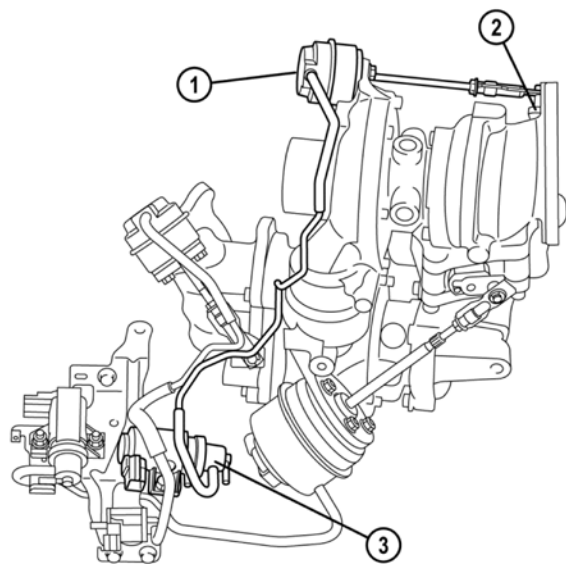
Míg a wastegate szelep (3) és a HP turbina by-pass szelep (8) hajtja végre a töltőnyomás-vezérlést a kis és a nagy turbófeltöltő turbina oldalán, a HP kompresszor megkerülő szelep kapcsolja a töltőüzemet a kompresszor oldalán. Így vagy sorba kötött kétturbós üzem, vagy egytöltős turbófeltöltés valósul meg.

### WASTEGATE SZELEP

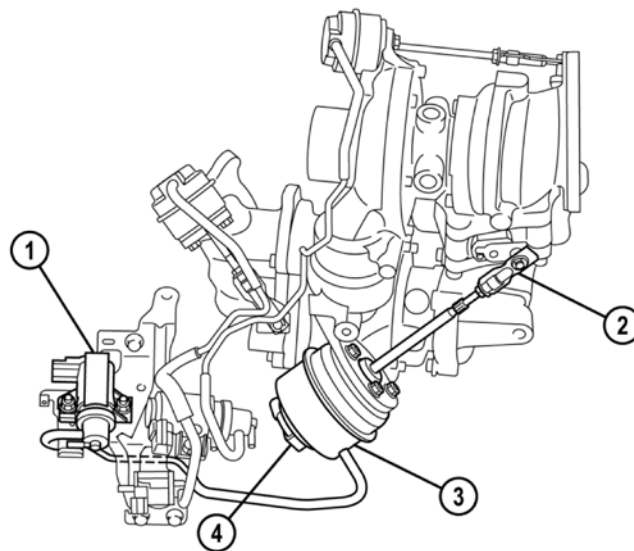
A wastegate szelep (3) nyitja és zárja a nagy turbófeltöltő turbina oldali megkerülő (by-pass) ágat, hogy korlátozza és szabályozza a töltőnyomást. A rendszerelemek elhelyezkedését a 9 ábrán látjuk. A beavatkozó (4) rugó terhelésű membrános vákuumcella. Amikor a beavatkozóra nem hat a vákuum, a szelep nyitva van. A vákuumot EP-szelep (5) vezérli a motorECU-ból érkező jel alapján.

### HP TURBINA BY-PASS SZELEP

A szabályozó szelep (8) nyitja és zárja a kis turbófeltöltő turbina oldali megkerülő ágát, hogy szabályozza a kipufogógáz mennyiségét a HP turbinán keresztül és ezáltal a kis turbófeltöltő által létrehozott töltőnyomást. A rendszerelemek elhelyezkedését a 10 és a 11 ábrán látjuk. A szelepet egy rugós terhelésű vákuumcella működteti (6). Amikor a beavatkozóra nem hat a vákuum, a szelep nyitva van. A vákuumot EP-szelep (7) vezérli a motorECU-ból érkező jel alapján. A szelep nyitási



9 wastegate szelep. 1 – wastegate szelep beavatkozó (vákuumcella), 2 – wastegate szelep, 3 – EP-szelep



10 1 – EP-szelep, 2 – HP turbina by-pass szelep, 3 – vákuumcellás beavatkozó, 4 – útdaó

helyzetét, főképpen a közepes tartományban (részben nyitva/zárva), útdaó érzékeli, mely észleli a beavatkozó rúd pozícióját.

### HP KOMPRESSZOR MEGKERÜLŐ SZELEP

A HP kompresszor megkerülő szelep (11) alapvetően a turbófeltöltők együttműködését kapcsolja, az egyturbós üzemet, ahol a beszívott levegőt csak a nagy turbófeltöltő sűríti, vagy a kétturbós, sorba kötött feltöltést, ahol a beszívott levegőt elősűríti a nagy turbófeltöltő és tovább sűríti a kis turbófeltöltő. A rendszerelemek elhelyezkedését a 8 és a 12 ábrán látjuk. Ez a kompresszor megkerülő szelep nyitásával vagy zárásával történik. Amikor kinyílik a megkerülő, az elősűrírt levegő elkerüli a kis turbófeltöltő kompresszorát (egyturbós feltöltés). Mikor a megkerülő bezár, az elősűrírt beszívott levegő áthalad a kis turbófeltöltő kompresszorán, ahol további sűrítésre kerül sor (kétturbós feltöltés). A kompresszorszelepet egy rugós terhelésű vákuumcellás beavatkozó



Tartomány/ működési állapot	HP kompresszor megkerülő szelep	HP turbina megkerülő szelep	Wastegate szelep
1. Motor indítás/ részleges felmelegedési tartomány	Teljesen nyitott	Teljesen nyitott	Teljesen nyitott
2. Kis motorfordulatszám	Teljesen zárt	Teljesen zárt	Teljesen zárt
3. Közepes motorfordulatszám	Teljesen zárt	Szabályozott	Teljesen zárt
4. Nagy motorfordulatszám	Teljesen nyitott	Teljesen nyitott	Teljesen zárt
5. Nagy motorfordulatszám/nagy motorterhelés	Teljesen nyitott	Teljesen nyitott	Szabályozott

1 táblázat



11

(10) működteti. A vákuumot EP-szelep (9) vezérli a motorECU-ból érkező jel alapján. Amikor a beavatkozóra nem hat a vákuum, zárva van a kompresszor megkerülő szelep. A szelepek funkciójának ismeretében tekintsük át a szelepeket üzemi tartományok/működési állapotok szerinti bontásban (1 táblázat).

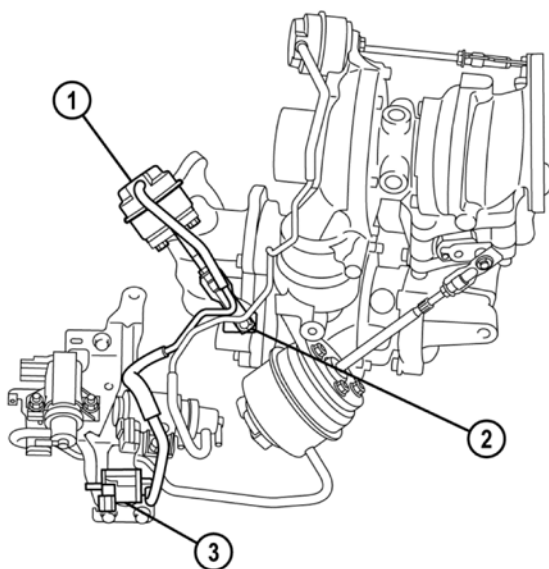
**Motor indítás/részleges felmelegedési tartomány**

A DOC (oxidációs katalizátor) beemelegedésének gyorsításához hideg motorindítás után, vagy mielőtt befejeződne a motor-felmelegedés, a szabályozó szelep és a wastegate szelep teljesen kinyílik. Ez lehetővé teszi, hogy a kipufogógáz keresztülha-

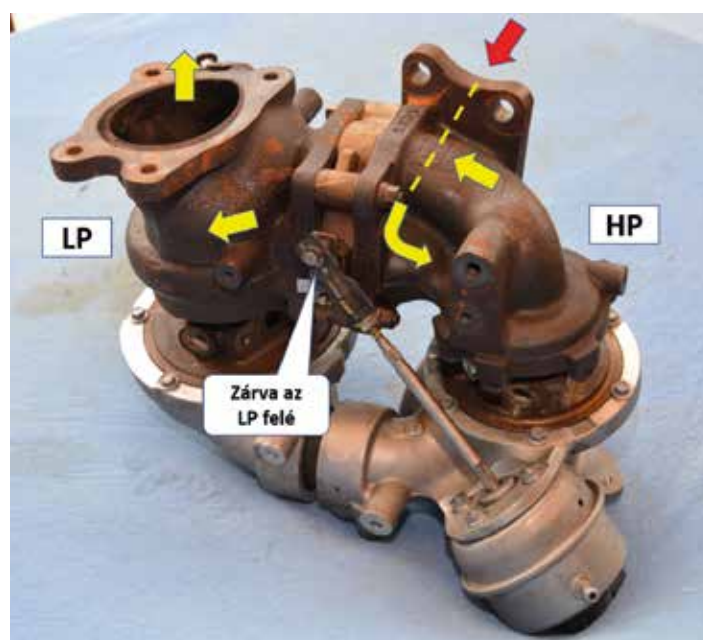
ladjon a turbófeltöltőn és bejusson az oxidációs katalizátorba anélkül, hogy a kipufogógáz jelentősen veszítene hőmérsékletéből a kis és a nagy turbófeltöltő turbináin keresztül. Ezzel egy időben a HP kompresszor megkerülő szelep kinyílik, hogy csökkentse az ellenállást a beszívott levegőáram számára a kis turbófeltöltő-kompresszor megkerülésével.

**Kis motorfordulatszám-tartomány**

Kis motorfordulatszámnál minden szelep teljesen zárt. A kipufogógáz-áramlás hajtja mindkét turbófeltöltőt. A kis és a nagy turbófeltöltők sorba kapcsoltak. A gázutat a 12 ábrán jelöltük. Mivel a kipufogógáz mennyisége viszonylag csekély, a nagy turbófeltöltő által létrehozott töltőnyomás szintén kicsi. Mivel a turbófeltöltők ebben a tartományban sorba kötve üzemelnek, az elősűrített levegőt tovább sűríti a kis turbófeltöltő kompresszora. A 13 ábrán a kompresszorok közbenső hűtő felé vezető levegőkilépő csomkját látjuk. Ebben találjuk a HP-töltő kompresszor megkerülő szelepet 8. Ha ez a szelep zárva van (a tányérszelep lezárja a 13



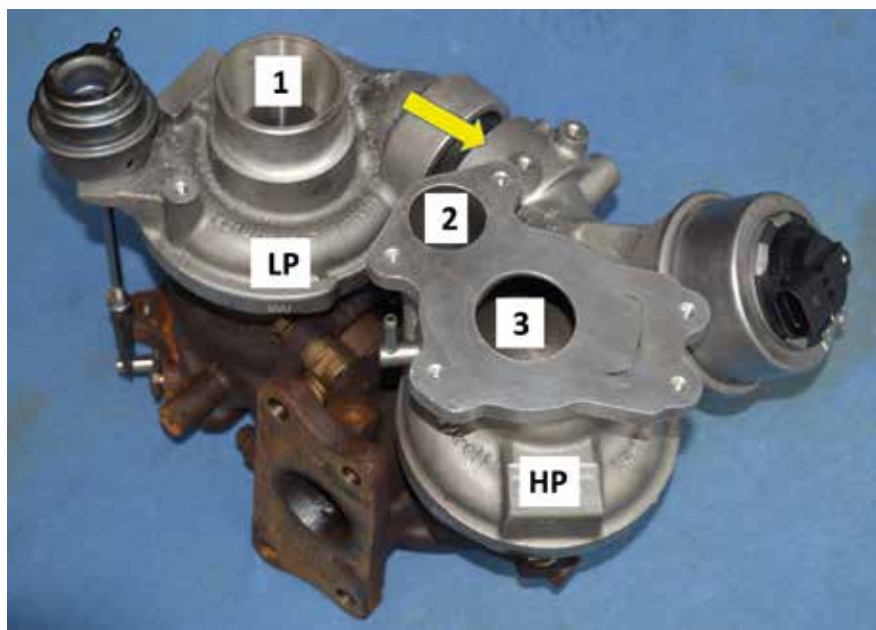
12 1 – beavatkozó (vákuumcella), 2 – HP kompresszor megkerülő szelep, 3 – EP-szelep



13



14



15

ábrán látható 3-as csatornát), akkor az LP-kompresszorból a levegő a HP kompresszorába jut. Az így másodszor is sűrített levegő a 15. ábra 2-es csatornáján át jut a közbenső hűtőbe.

Kialakításának köszönhetően a kis turbófeltöltő képes megfelelő töltőnyomást létrehozni és jó dinamikát eredményezni már csekély kipufogógáz-mennyiség-nél is.

### Közepes motorfordulatszám-tartomány

Közepes motorfordulatszámokon a kompresszor megkerülő szelep zárva marad, hogy mindkét turbófeltöltő sorba kapcsolva maradjon. A wastegate szelep zárva marad, míg a HP turbina megkerülő szabályozó szelep részben nyitja/zárja (szabályozza) a kis turbófeltöltő turbina oldali megkerülőjét. A szabályozó szelep lehetővé teszi a töltőnyomás folyamatos módosítását a kis és a nagy turbófeltöltő között, aminek a révén elkerülhető a turbólyuk.

### Nagy fordulatszám-tartomány

Nagy fordulatszámokon, amikor nagy mennyiségű beszívott levegőre van szükség, a kompresszor megkerülő szelep nyit, hogy csak a nagy turbófeltöltő legyen használatban a töltőnyomás létrehozásához (egy-turbós üzem). A kis turbófeltöltő megkerülésével lecsökken az áramlási ellenállás a nagy turbófeltöltő szállítása előtt. Az LP turbófeltöltő turbina oldalán a wastegate zárva marad és a HP turbina szabályozó szelep teljesen nyitva, azért, hogy a teljes kipufogógáz-mennyiséget felhasználja.

### Nagy motorfordulatszám/nagy motorterhelési tartomány

Nagy motorfordulatszámon és nagy motorterhelésnél a töltőnyomás túllépheti a határértéket. Annak érdekében, hogy megelőzzük, hogy a töltőnyomás kiemelkedően nagy legyen, a wastegate szelep nyitja (szabályozza) a nagy (LP) turbófeltöltő turbina oldali megkerülő ág gázáramát, hogy megfelelő módon korlátozza/szabályozza a töltőnyomást. ■

A cikk megírásához nyújtott segítségéért köszönetet mondunk Kincses Istvánnak és a Mazda Motor Hungary Kft. vezető oktatójának, Kakas Péternek.