

Forgattyús házak és hengerfejek gyártása alumínium ötvözetekből

A belső égésű motorok nagy követelményeket állítanak fő elemeik, a forgattyúház és a hengerfejüzem közben fellépő terhelhetőségével szemben. A konstrukciónak megfelelő anyag-, gyártás-, illetve könnyűszerkezetes technológia helyes kiválasztása és alkalmazása szükséges a gazdaságos gépkocsigyártáshoz. Ebben a tanulmányban ismertetjük az anyagtechnológia jelenlegi helyzetét, az alumínium ötvözetek felhasználási lehetőségeit a motorgyártásban, valamint a fejlesztési munkák súlypontjait és irányzatait a könnyűfém termékeket gyártó vállalatoknál.

A belső égésű motorok forgattyús házát és hengerfejét lemezgrafitos öntöttvasból, vagy könnyűfémből, alumínium ötvözetből készítik. Az Autószerkezeti 2002/6. számában közölt tanulmányban ismertettük a forgattyúház- és a hengerfejgyártáshoz felhasznált öntöttvas és alumínium ötvözetek megoszlását Európában az 1994 és 2003 közötti időszakban. A közölt ábrák alapján megállapítottuk, hogy 2003-ban a forgattyúházak felét alumínium ötvözetekből gyártják, a hengerfejeket viszont teljes mennyiségben alumínium ötvözetekből készítik. A győri Rábában a hathengeres (6 JS és 6 JV) és tizenkét hengeres (12 JS és 12 JV) Jendrassik-motorok forgattyús házát és a hengerfejét is alumíniumötvözetből öntötték, a most gyártott Rába-MAN-motoroknál a forgattyús házát és a hengerfejét is öntöttvasból készítik.

Az utóbbi időben az említett szerkezeti anyagok mellett a féregszerű grafitos öntöttvasat (GGV – Grauguss Vermikular, GJV – Grey Iron Vermikular) és a gömbgrafitos öntöttvasakat (GJS – Grey Iron Spheroidal) is felhasználják forgattyús házak gyártásához. Ezeknek az öntöttvasoknak a jellemző adatait részletesen ismertettük az Autótechnika 2003/3. és 4. számában megjelent tanulmányokban. A BMW V8 motor forgattyús házát ma GGV 500 jelű, féregszerű grafitos öntöttvasból gyártják. Az alumínium ötvözetek felhasználása az alapfém kis sűrűsége miatt elsősorban a könnyűszerkezetes gépkocsik gyártásánál kedvező. Az alumínium ötvözetekből készített öntvényeknek nagyon jók a tulajdonságaik: mechanikai jellemzői, korrózióállósága, hővezető képessége, forgácsolhatósága, hegeszthetősége, felületkezelhe-

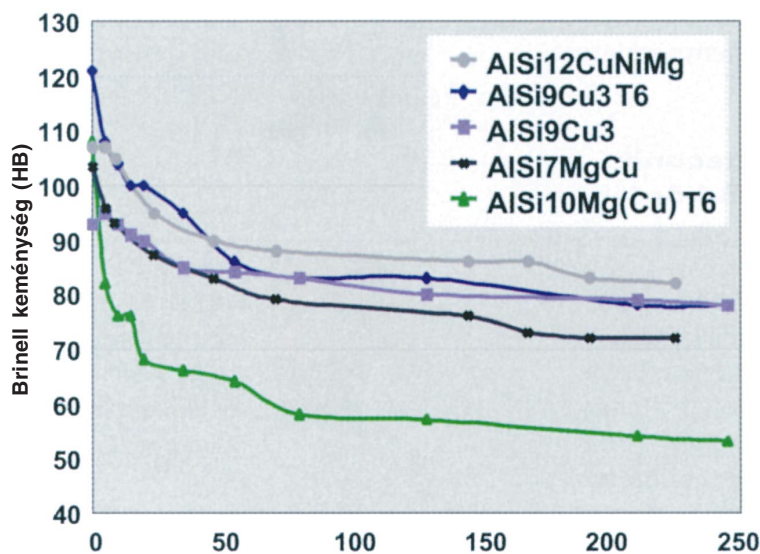
tősége, újrahasznosíthatósága. Külön ki kell hangsúlyozni a termék kedvező szilárdság / tömeg viszonyszámát.

A személygépkocsi-motorokhoz jelentős mennyiségben használnak alumínium ötvözetekből készített blokkokat. A vasötvözetek viszont a féregszerű grafitos öntöttvas alkalmazásával az utóbbi időben a reneszánszukat élik.

A szerkezeti anyagok versenyében az alumínium ötvözetek néhány jelentősebb motoralkatrész – forgattyús ház és hengerfej – gyártásánál előkelő helyre kerültek, hengerfejgyártásnál változatlanul az elsők. Motorblokkoknál és a hengeres forgattyús házaknál (HFH) a kép megosztottabbnak látszik, itt a vas- és az alumínium ötvözetek ma még versenyben vannak. A dízelmotorok forgattyúház-gyártásánál a vasöntvények jelenleg még előnyt élveznek. Ezen azonban célszerű lenne változtatni. Ugyanis a gyártó vállalatok, mint pl. a Győri Ipari Parkban üzemelő Norsk Hydro Alumínium Győr Kft. (VAW) és a neckarsulmi KS Kolbenschmidt GmbH alumínium ötvözetekből készített, könnyebb motorblokkok felhasználását ajánlják. Az említett két beszállító az alumínium ötvözetek felhasználásánál 2008 év végéig kétszámjegyű növekedéssel számol.

A Norsk Hydro Alumínium Győr Kft. a Renault részére szállít dízelmotorblokkokat. Az üzemüket rövid időn belül bővíteniük kell, mert a francia gépkocsigyártóknál a dízelüzletág fellendült. Ez a vállalat gyártja a GM részére a motorblokkokat a következő generációhoz tartozó V6-os – benzinmotorokhoz is, amelyeket a Cadillac STS-motorokba szerelik be. A vállalat mexikói üzemében is gyártanak motorblokkokat, amelyekbe a víz- és olajsatornákat beöntik.

A versenytárs KS Kolbenschmidt GmbH gyártja alumínium ötvözetekből a motorblokkokat kis nyomású öntési eljárással a



1. ábra: különféle öntött ötvözetek lágyulási görbéi 225 °C hőmérsékleten

Volkswagen részére a nagy teljesítményű V5-TDI dízelmotorhoz. Még említést érdemel a vállalat által alumínium ötvözetből a Volkswagen részére készített V10 dízelmotorhoz gyártott hengeres forgattyús ház.

A Brühl Vasmű az öntöttvas anyagok felhasználásával kapcsolatban már sok tapasztalatot gyűjtött össze. A motorblokkok gyártásánál alkalmazzák az újonnan kifejlesztett, vékonyfalú öntéstechnológiát, és ezzel a darabok tömegét jelentősen csökkenteni tudják. Az így készített motorblokk adatai (pl. tömeg) megegyeznek az alumínium ötvözetekből gyártott hengeres motorblokk adataival.

Az üzemanyag-felhasználás és a károsanyag-kibocsátás csökkentése a motorfejlesztőknek továbbra is a legfontosabb feladata. Megállapíthatjuk, hogy a tömege szerint a motor a gépkocsi legnagyobb egysége. A motor fő részeinél – forgattyús házánál és hengerfejénél – a méretek és a tömeg csökkentése a fejlesztők elsődleges célja. A motor teljesítményének a növekedésével párhuzamosan az alkatrészekkel szemben támasztott szilárdsági követelmények állandóan növekszenek. Ezért a motor legnagyobb igénybevételnek kitett fő részeinek – forgattyús házának és hengerfejének – a gazdaságos gyártása a fejlesztőmérnökök legfontosabb feladata.

A korábban a motorblokkok gyártásához felhasznált, lemezgrafitos öntöttvasat jelenleg alumínium ötvözetekkel helyettesítik. Az erősen igénybe vett, nagy sorozatban gyártott, közvetlen befecskendezésű dízelmotorokhoz felhasznált hengerfejeket ma majdnem kizárólag alumínium ötvözetekből készítik. Ezeket az ötvözeteket először a DaimlerChrysler A170 CDI négyhengeres, soros motorjánál használták fel. További példa a 2003 év eleje óta a PSA cégnél szeriában gyártott 1,4 literes négyhengeres motor, amelyet mind a Peugeot-nál, mind a Fordnál is felhasználnak.

A korszerű, nagy teljesítményű dízelmotorok a motorblokkok és hengerfejek mechanikai és fizikai tulajdonságaival szemben nagy követelményeket támasztanak. A dízel meghajtoművek a felhasznált szerkezeti anyagoktól nagy szakító-, tartós szilárdságot és szívósságot, jó hővezető képességet és alakíthatóságot, valamint önthetőséget és kis, meleg repedésre való hajlamot követelnek meg.

Hengerfejek

A személygépkocsi-motorok hengerfejeinek a gyártásához mind elsődleges, primer, mind átolvasztott, szekunder ötvözeteket is felhasználnak.

A hengerfejgyártáshoz leggyakrabban felhasznált ötvözeteket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A táblázatban közölt adatok kokillában öntött darabokra érvényesek.

A hengerfejeket a szokásos öntési eljárásokkal, homokformában vagy kokillában öntik, illetve kis nyomásos technológiával készítik. Az európai motorgyárakban felhasznált hengerfejek 90%-át, valamint a nagy sorozatban gyártott, erősen igénybe vett, közvetlen befecskendezésű dízelmotorokhoz felhasznált hengerfejeket elsősorban kokillában öntik. Ezeknél az alak bonyolultsága és a darab nagysága, illetve az üzem közben fellépő feszültségek miatt a vetemedések keletkezésének a lehetősége jelentősen növekszik. Példaként megemlítjük az Audi V6- és a V8-TDI dízelmotorok hengerfejgyártásánál elvégzett, szükséges, jelentős anyagtechnológiával kapcsolatos fejlesztési munkáit. A hengerfej a motorban központi helyen, az égéstér közelében helyezkedik el. A hőmérséklet

1. táblázat

| Kémiai jel | AlSiMgCu0,5 | AlSi10Mg (Cu) | AlSiCu4 | AlSi9Cu3 |
|---|-------------|---------------|---------|----------|
| Állapot | T6 | T6 | F | F |
| Folyáshatár R _{p0,2} (Mpa) | 210 | 200 | 100 | 100 |
| Szakítószilárdság R _m (Mpa) | 290 | 240 | 170 | 170 |
| Nyúlás A ₅ (%) | 4 | 1 | 1 | 1 |
| Keményesség (H) | 90 | 80 | 75 | 75 |
| Hőtágulási együttható (20–200) °C (10 ⁻⁶ K) | 22 | 21 | 22 | 22 |
| Hővezető képesség (W/mK) | 143–172 | 140–170 | 110–130 | 100–110 |

Megjegyzés: Állapot T6 – oldó hőkezelésnek alávetett és teljes mértékben mesterségesen öregbített,
F – öntött állapot

üzem közben (180–220) °C között van, sőt, még ennél is nagyobb lehet. Ez azért figyelemre méltó, mert a szokásos technológiával gyártott, melegen kikeményített, öntött ötvözetek ebben a hőmérséklet-tartományban jelentős öregedési, lágyulási folyamaton mennek keresztül. A mechanikai tulajdonságok – mint a szakító szilárdság, a folyáshatár és a keménység – jelentősen csökkennek, és ennek következtében ezeknél a tartós szilárdságra érzékeny övezeteknél repedések keletkezhetnek. Az 1. ábra néhány szabványos alumínium ötvözet 225 °C hőmérsékleten, különböző idő után bekövetkező keménységcsökkenését mutatja, amely viszonylag gyorsan, rövid idő (50 óra) alatt bekövetkezik. Jellemző, hogy az AlSi10Mg jelű, átolvasztott (szekunder) ötvözetnél a legnagyobb a keménységcsökkenés, a többi ötvözetnél viszonylag kisebb. Ez az ötvözet viszont – többek között – a nagyon jó [(140–170) W/mK] hővezető képesség miatt az Audi V6-TDI háromhengeres meghajtoműnél nagyon jól megfelel. A négyhengeres Audi V8-as motor meghajtoművének a még nagyobb követelmények miatt új ötvözetet kellett kifejleszteni. A V6 típusból kifejlesztett V8-as motornál – a kísérleti szakaszban – 20 K-nel nagyobb hőmérsékletet mértek a hengerfejénél az égéstérdalalon. Ez indokolt volt a V6-os motorhoz viszonyítva, a megváltoztatott égéstechnika miatt. Megváltoztatták a befecskendezőfűvókát és a motor elektronikáját is. A 20 K hőmérséklet-különbség a 200 °C körüli hőmérséklet-tartományban jelentős, és egy bizonyos nagyságú igénybevételnél repedések, illetve vetemedések jelennek meg és ez az üzem közben kedvezőtlen hatással lehet.

A fejlesztési munkák keretében a V8 hengerfejgyártáshoz felhasznált ötvözetek:

- AlSi12CuNiMg -wa – Primer ötvözet, a belőle gyártott alkatrésznek nagyon jó a repedésálló képessége. Öntésnél nagyon nagy a meleg repedésre való hajlama, amikor a megdermedés közben kialakuló belső feszültség repedést okoz az öntvényben.
- AlSi7MgCu0,5 – wa – Primer ötvözet, megbecsülhetően jó mechanikai tulajdonságokkal és repedésállósággal, nagyon jó az önthetősége.
- AlSi9Cu3 – wa – Szekunder / átolvasztott ötvözet, nagyon jók a mechanikai tulajdonságai és az önthetősége.

(Folytatjuk.)

Enyingi Kálmán