X. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2005. március 18-19.

METALLURGIA ÉS REPEDÉSÉRZÉKENYSÉG ÖSSZEFÜGGÉSEI Al-HENGERFEJ ÖNTVÉNYEK ESETÉBEN

Fegyverneki György

Abstract

Suppliers of the motor-car industry have to confront more and more with the fact that the main goal of the motor factories is to produce lighter and higher efficient components.

One of the most important part of the car – or the most important – is the cylinder-head. The higher efficient and smaller weight is principle on this field too. However, one of the largest disadvantage of the thin walls is the susceptibility for cracks. Hydro Aluminium Győr Ltd. had to confront with this phenomenon that required the better quality cylinder-head production. To reach the high strength requirements continuous technology-development and production-discipline are necessary.

Good information background was assured for our developments by the knowledge base and equipment accumulated by R&D center that belongs to the concern. During our experiments we lay great emphasis at our experiments on the quality of the melt and the cooling speed in the die.

In the experiments, carried out with our Al suppliers, we determined those parameters that give the best quality Al die, as it is essential for the high strength properties and to reduce the susceptibility to cracks.

Another aim of the tests was to find the importance of the cooling. With the support of our R&D center, we succeeded in determining the optimal cooling parameters, where the thermoshock tests were very profitable to check the efficiency of the changes.

Összefoglaló

Az autóipari beszállítóknak egyre inkább szembe kell nézniük azzal a ténnyel, hogy az autógyárak elsődleges célja a minél nagyobb teljesítményű, de minél kisebb tömegű alkatrészek kifejlesztése.

A gépjárművek motorjainak egyik legfontosabb, ha nem a legfontosabb része a hengerfej. Ezen a területen is érvényesül a minél nagyobb teljesítmény, minél kisebb falvastagság elv. A vékony falak egyik legnagyobb hátránya azonban, a repedésérzékenységre való hajlam növekedése.

Vizsgálataink során az olvadékminőség és a megszilárdulást követő hűtési sebesség fokozott szerepére helyeztük a hangsúlyt.

Al-öntvözet beszállítóinkkal közösen elvégzett kísérletek eredményeként meghatároztuk a legjobb minőségű Al-olvadékot eredményező paramétereket, amelyeknek jelentős szerepe van a kimagasló szilárdsági tulajdonságok elérésében, a repedésérzékenység csökkentésében.

A kísérletek másik iránya a hűtés szerepének feltárására irányult. Kutató-fejlesztő központunk hatékony támogatásával sikerült meghatároznunk az optimális hűtési paramétereket, melyben nagy szerepe volt a „thermoschock” tesztnek, amivel az elvégzett módosítások hatékonyságát tudtuk ellenőrizni.

1. A problémák fellépésének okai, kiindulási feltételek

A hengerfej gyártása során felmerült problémák:

- a hengerfejek mechanikai tulajdonságai nem feleltek meg a vevői követelményeknek
- a motortesztek során a hengerfejek égésterében nagymértékű (a vevői előírásoknak nem megfelelő) repedések keletkeztek

A hengerfejek anyaga DIN 226.10-es ötvözet, melynek fő alkotói:

Si: 8,5 – 9,5 %	Mn: 0,3 – 0,5 %
Cu: 2,3 – 2,6 %	Fe: 0,3 – 0,7 %
Mg: 0,25 – 0,50 %	Sr: 150 – 250 ppm

2. A repedésérzékenység csökkentésének lehetséges módjai

- Szabályozott hűtés alkalmazása az öntést követően
 - fluidágyas hűtés – mely Hydro szabadalomként bejegyzésre került
- Hűlési viszonyok optimalizálása a kokillában
- Szilárdsági tulajdonságok javítása hőkezeléssel (T5)
- Az alapanyag tulajdonságainak hatása a repedésérzékenységre

Jelen dolgozat az alapanyag tulajdonságainak az öntvények repedésérzékenységére gyakorolt hatását vizsgálja.

3. A repedésérzékenység vizsgálata, vizsgálati körülmények:

Az AlSi-ötvözetből öntött hengerfej öntvények repedésérzékenységének vizsgálatára a bonni kutató – fejlesztő központunk a „Thermoschock” tesztet dolgozta ki. A berendezés és elvi működése az 1. ábrán látható.

1. ábra A „Thermoschock” teszt

Egy tesztciklus a szobahőmérsékletről 300°C-ra felhevítésből, majd a 90 másodpercen belüli lehűtésből áll.

Egy tesztciklus leírása:

A hengerfejet égéster oldalával felfelé fordítva behelyezzük a vizsgáló berendezésbe. Szobahőmérsékletről indulunk ki majd a hengerfej égésterét 10 sec alatt felhevítjük 100°C körüli hőmérsékletre. Ezek után 4 – 5 sec-ig hűntartás következik ezen a hőmérsékleten.

Majd újabb intenzív hevítéssel 50 sec alatt a hengerfej égésterének hőmérsékletét 300°C közelébe hevítjük.

Ezt követően a gázégők helyére hideg vizet szolgáltató csövek kerülnek. A víz segítségével 1,5 min-en belül az égésterek hőmérsékletét újra szobahőmérsékletűre (kb. 20 – 25°C) hűtjük. Ezen ciklusok ismétlődnek sűrű egymásutánban.

Az égésterekben kialakuló repedések számát, helyét, mélységét és hosszát 4, 7, 10, 15 és 20 óra elteltével megvizsgáljuk.

A kapott eredményekből diagramos kiértékelést készítünk. A 2. ábrán a tesztciklus hőmérséklet-változása látható.

4. A Thermoschock-teszt értékelése:

A Thermoschock-teszt eredményeként a hengerfejek égéstera az előbbieken látható módon és helyeken megreped. A teszt folytatásaként ezen repedések elemzését végezzük el.

Kétfajta repedéstípust különböztetünk meg:

- berepedés
- teljes átrepedés

A vevői követelmények tartalmazzák, hogy egy hengerfej égésterében mennyi berepedés és mennyi teljes átrepedés fordulhat elő.

A repedésekre vonatkozó előírások tartalmazzák azt is, hogy milyen hosszú és milyen mély lehet az adott repedés. Ezeket az értékeket annak függvényében határozzák meg, hogy milyen terhelést kap majd a hengerfej a motorban (milyen teljesítményű motorba kerül majd beszerelésre) illetve, hogy mennyire veszélyes helyen található a repedés.

A repedés legfontosabb jellemzői

- mélysége
- a hely, ahol található

Legveszélyesebbek a teljes átrepedések, pl.: a szelepektől víztérlábakig, illetve a 8 mm-nél mélyebb repedések (ilyen repedések láthatóak a 3. ábrán). Ezek már komoly funkcionális problémákat is okozhatnak a motor működése során.

A Thermoschock teszt leginkább a motorok tesztelésére szolgáló ún. cold- warm (hideg – meleg) tesztnek felel meg.

A motorok tesztelésére számos más eljárást is alkalmaznak, de a cold-warm tesztnek megfelelő Thermoschock teszt a leginkább mérvadó a repedésérzékenység vizsgálatára.

5. A repedések okai, olvadékvizsgálat

A vevői követelményeknek nem megfelelő repedésekből csiszolatok készítésére került sor, majd a csiszolatokat elektronmikroszkóp segítségével vizsgáltuk.

A szövetszövetvizsgálatokból az alábbi következtetések vonhatóak le:

A repedések szövetszerkezete a vizsgálatok alapján döntően primeren kristályosodott alumínium alapú szilárd oldatból és szilíciumot tartalmazó biner eutektikumból, továbbá intermetallikus Al(Fe,Mn)Si és AlFeSi fázisokból áll.

Az alumínium alapú szilárdoldat és a biner eutektikum mellett Mg_2Si , Al_2Cu valamint $Al_{15}Cu_4Ni_2$ és $Al_5Mg_8Si_2Cu_2$ intermetallikus vegyület fázisok és vas-, mangán tartalmú fázisokból álló ternér, kvaternér eutektikum is megtalálható.

A továbbiakban arra kerestem a választ, hogy ezen vegyületfázisok mikor, hol és milyen körülmények következtében alakulhatnak ki.

A vegyületfázisokról készült mikroszkópos felvételek láthatóak a 4. ábrán.

4. ábra A vegyületfázisokról készült mikroszkópos felvételek

6. Az intermetallikus fázisok kialakulásának okai, következményei

Kialakulásuk fő okai:

- ha a szekunder ötvözet beolvasztásának bármely stádiumában az olvadék Fe tartalma 1% felé nő (ebben az esetben az Fe lemezek formájában jelenik meg a szövetszerkezetben, ez a legveszélyesebb a repedésérzékenység szempontjából)
- a szekunder ötvözet olvadékának hőmérséklete az olvasztási folyamat során bármely okból tartósan 700°C alá csökken (ezen hőmérséklet alatt megkezdődik az intermetallikus vegyületfázisok kiválása, ezen fázisok pedig az öntődékben alkalmazott olvasztási hőmérsékleten csak részlegesen tudnak feloldódni)
- a tömbösítés során a dermedési sebesség nem elég gyors (ebben az esetben lehetőség van ezen fázisok valamint AlFe tűk kialakulására)

A mikroszkópos felvételeken (7. ábra) látható - a kísérletek alapján bizonyítva – az az optimális szövetszerkezet, mely repedésérzékenység szempontjából a legjobb minőségű öntvényt eredményezi.

7. ábra A repedésérzékenység szempontjából kedvező szövet

Az AlFe-lemezek és az intermetallikus vegyület fázisok jelenlétének következményei:

- ezen fázisok jelenléte megakadályozza az optimális szövetszerkezet kialakulását, mely a mechanikai tulajdonságok – kísérleteink által bizonyítottan – közel 20 %-os csökkenését eredményezi
- jelenlétükben jelentősen megnő a hengerfej repedésének veszélye, repedések kiindulópontjául szolgálnak

FEGYVERNEKI György, fejlesztőmérnök
 Hydro Alumínium Győr Kft, 9027 Győr, Ipari park, Nyírfasor
 e-mail: gyorgy.fegyverneki@hydro.com