XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK ELŐREJELZÉSI LEHETŐSÉGEI AZ AL-HENGERFEJ ÖNTÉSZETBEN, A HŐKEZELÉS SZEREPE

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.

The most important property is the susceptibility to cracks. We can improve the susceptibility to cracks by the help of the heat treatment.

During our experiments we lay great emphasis at our experiments on the cooling speed in the die. 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

Összefoglalás

Jelen dolgozat célja a mechanikai tulajdonságok előrejelzési lehetőségeinek feltérképezése, azaz milyen lehetőség van arra, hogy roncsolásmentes anyagvizsgálat elvégzése nélkül is nagy biztonsággal előre lehessen jelezni a hengerfej öntvények várható mechanikai értékeit. Ha pedig ismerjük a mechanikai tulajdonságokat, akkor már következtetni tudunk a repedésérzékenységre is. Ennek megfelelően a vizsgálataim során nagy hangsúlyt fektettem a megfelelő hőkezelési paraméterek kiválasztására. Ugyanis, hogy ha rendelkezésre áll egy metallurgiai szempontból kedvező, vagyis alacsony hidrogéntartalmú, optimális szemcseszerkezetű, intermetallikus fázisoktól mentes öntvény, akkor már csak a mechanikai tulajdonságok módosításával befolyásolhatjuk a repedésérzékenységet.

Dolgozatomban bemutatom, milyen hatása van a hőkezeléseknek és ezen keresztül a mechanikai tulajdonságoknak a hengerfejekre. Két irányban indultam el, először megvizsgáltam egy adott ötvözet típus esetén a milyen hatása van a hőkezeléseknek a mechanikai tulajdonságokra, majd egy a vevő által is akceptált hőkezelés hatását vizsgáltam különböző ötvözetekre.

A kokillahűtés intenzifikálásának segítségével a szekunder dendritkár távolság mérésén keresztül felállítottam egy összefüggésrendszert a szekunder dendritkar távolság és a mechanikai tulajdonságok között. Ennek segítségével egy egyszerű és gyors hőmérsékletméréssel már az öntvény leöntése előtt meg lehet állapítani a várható mechanikai tulajdonságokat. Ezekből az értékekből pedig következtetni lehet a repedésérzékenységre.

1. A mechanikai tulajdonságok változása különböző ötvözetek esetén, az ötvözőelemek szerepe

Négy ötvözet kombinációt vizsgáltam:

- 226.10 primer (AlSi9Cu3Fe<0,3);

- 226.10 szekunder (AlSi9Cu3);
- AlSi7Cu1,5;
- AlSi7Cu2,5.

Ezen ötvözetek kiválasztásának két fő oka volt:

- a vevő mindenképpen primer bázisú;
- illetve legalább 2,5-3,0% Cu tartalmú ötvözet alkalmazását írta elő.

Ezen előírások figyelembe vételével választottam ki a fent nevezett ötvözeteket. A szekunder 226.10 ötvözet választását az indokolta, hogy a Hydro Alumínium Győr Kft. ezt az ötvözetet használja a legnagyobb mennyiségben, így ha ez bizonyult volna a legjobbnak nem kellett volna új olvasztókemencét vásárolni az új hengerfej öntéséhez.

A következő összefoglaló diagramokon a főbb ötvözőelemek hatását mutatom be a mechanikai tulajdonságokra adott hőkezelési típus esetén. Először az égéstérben mért mechanikai tulajdonságokat hasonlítom össze, mivel a hengerfej repedésérzékenysége szempontjából ez a fontosabb terület.

1. ábra. A mechanikai tulajdonságok változása az égéstérben

A legnagyobb nyúlásértékeket az AlSi7Cu1,5 ötvözet esetén kapjuk főleg az alacsony hőmérsékletű és rövidebb idejű hőkezelések esetén. Az általam kritikusnak tartott 2%-os nyúlásértéket azonban a 226.10 primer ötvözet is eléri.

A szilárdsági értékek közül a folyáshatár értéke a hőkezelés hőmérsékletének növekedésével növekszik, ugyanez a tendencia mondható el a hőkezelési idő növekedésének függvényében is.

A Cu tartalom növekedése egyértelműen szilárdság növelő hatású. Mindhárom hőkezelési típus esetén ez a tendencia érvényesül. Az általam kritikusnak tartott 165MPa értéket az AlSi7Cu1,5 ötvözet kivételével mindegyik teljesíti.

A szakítószilárdság értéke csak olyan szempontból fontos, hogy érteke eléri-e a vevői követelményeket. Ez minden alkalmazott ötvözet illetve minden hőkezelési típus esetén érvényesül.

A következő táblázat tartalmazza a mechanikai tulajdonság előírásokat ezen hengerfej típus esetében:

Előírások:	R_m [MPa]	R_{p0,2} [MPa]	A [%]
Csavarhelyek (2a, 4a, 2i, 4i)	190	165	0,5
Égéstér (BR1, BR4)	210	165	1

A repedésérzékenység szempontjából megfelelő hengerfej leöntéséhez a fenti diagramok alapján három ötvözet alkalmazása javasolható:

- 226.10 primer;
- 226.10 szekunder;
- AlSi7Cu2,5.

Ahhoz, hogy eldönthessük melyik ötvözet a legalkalmasabb a repedésérzékenység csökkentésére el kell végeznünk a „Thermoschock-tesztet” melynek segítségével megláthatjuk melyik ötvözet bírja a legtovább veszélyes mértékű repedés kialakulása nélkül.

2. A mechanikai tulajdonságok és a szekunder dendritkartávolság kapcsolata

A mikroszkópos vizsgálattal az alumíniumötvözet dendritkartávolságát, azaz cellaméretet határozzuk meg. A dendrites szövetszerkezet a szekunder dendritkartávolsággal jellemezhető, melyet a hőkezelés során bekövetkező kristálynövekedés és az anyagban jelenlévő ötvözők befolyásolnak. A mérést 10 helyen végzzük el, majd az így kapott eredményekből középértéket számolunk és ezen érték szerint minősítjük a hengerfejet. A vizsgált hengerfej esetében a $DAS \leq 20\mu m$. Ezt az értéket a motor terhelése alapján határozzák meg. Minél nagyobb a terhelés, annál finomabb szövetszerkezetre van szükség, kisebb a dendritkartávolság és kedvezőbbek a mechanikai tulajdonságai a hengerfejnek.

A célom az volt, hogy a DAS értékének meghatározása alapján előre lehessen jelezni, a mechanikai tulajdonságokat. Ha pedig ismerjük a mechanikai tulajdonságokat, akkor meg tudjuk előre határozni, hogy a hengerfejben milyen mértékű repedések fognak keletkezni és, hogy ezek a repedések milyen hatással lesznek a motor működésére.

Elöljáróban azonban fontos tudni, hogy a szekunder dendritkartávolságot elsősorban a dermedési sebesség befolyásolja. Ennek figyelembevételével került sor a kokillák hűtésének módosítására, mellyel az volt a célom, hogy agresszív hűtési viszonyok létrehozásán keresztül meggyorsítsam a dermedési sebességet a dermedés első 20-30 sec-ban. Ennyi idő szükséges ugyanis mindössze a dendrites szerkezet kialakulására az öntvény kokillával érintkező felületein, így a repedésérzékenységet befolyásoló égéstérben is.

A kokillák hűtőcsöveinek korrekciójával sikerült elérnem, hogy az égéstérben a dermedés kezdetén max. 80°C hőmérséklet legyen, mely elősegíti, a finom dendrites szerkezet kialakulását, mely biztosítja a 18 μ m-nél kisebb DAS értékek elérését.

Tehát a repedésérzékenység előrejelzési lehetőségének első feltétele, azaz az előre jelezhető dendritkartávolság lehetőségét biztosítottam. Ez tehát azt jelenti, hogy a kokilla alaplapjának hőmérsékletéből következtetni lehet a kialakuló dendritkartávolság nagyságára. A gondolatsort tovább folytatva, ha tehát ismerjük a kokilla alaplapjának hőmérsékletét, akkor következtetni tudunk a DAS értékére. A DAS értékéből pedig következtetni tudunk a mechanikai tulajdonságokra.

Ennek bizonyítására 30 héten keresztül összegyűjtöttem a vizsgált öntvénytípusnál mért DAS értékeket és mechanikai tulajdonságokat. A kiértékelés elve az volt, hogy megállapítsam azt a DAS határértéket mely esetén a mechanikai tulajdonságok elérik azt a határértéket (A5 esetében min. 2%-ot; Rp_{0,2} esetében pedig a min. 165 MPa-t) amely esetén a repedésérzékenység veszélye lecsökken.

A következő három diagramon először a DAS változását majd a nyúlás és a szakítószilárdság változását mutatom be a vizsgált időszakban:

2. A DAS és a mechanikai tulajdonságok változása

3. Összefoglalás

A 30 hét mérési eredményeiből készített diagramok alapján elmondható, hogy max.19 μ m-es DAS szükséges ahhoz, hogy a nyúlás értéke biztosan elérje majd a hőkezelés után a min. 2%-os értéket, a szilárdsági paraméterek pedig megfeleljenek a vevői követelményeknek.

Összefoglalva tehát az eddigi eredményeket elmondható, hogy abban az esetben ha a hengerfej égésterében a dermedés során biztosítani tudjuk a max. 80°C hőmérsékletet, akkor a DAS értéke max. 19 μ m értéken tartható, mely DAS érték biztosítja az eredményeim alapján min. 2%-os nyúlást.

Azaz felállítottam azt a feltételrendszert, mely esetén már a kokilla hőmérsékletéből következtetni lehet az öntvény kritikus tulajdonságaira és a repedésérzékenységére.

Fegyverneki György, doktorandus

Munkahely: Hydro Aluminium Győr Kft, Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar

Cím: 9027, Magyarország, Győr, Ipari park, Nyírfa sor

E-mail: gyorgy.fegyverneki@hydro.com