XIV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2009. március 26-27.

A KÖZÉPVONALI DÚSULÁS STASBILITÁSA DURVALEMEZEKBEN

Dr. Réger Mihály

Abstract

The paper deals with the stability of centerline inhomogeneity of the continuously cast slabs. The pattern of the centerline segregation was modeled physically by preparing a sandwich structure of steel plates with different levels of carbon and alloying elements. Diffusional homogenisation experiments were performed and the samples were examined metallographically.

Key words:

centerline segregation, continuous casting, effect of manganese, activity of carbon

Összefoglalás

A dolgozat a lemezbugák belsejében kialakuló ún. középvonali szegregáció szerepével, jellegzetességeivel, csökkentési lehetőségeivel foglalkozik. A középvonali szegregáció káros hibajelenség, befolyásolja a lemezbugából készült termékek minőségi jellemzőit is. A középvonali szegregáció a lemezbuga hengerlése során elnyúlik, a durvalemezek és sokszor a tekercselt szalagok középvonalában is kimutatható. A feldolgozás során elsősorban a durvalemezek esetében jelent problémát (rétegesség, hegesztési, alakítási nehézségek). Általános tapasztalat, hogy a lemezbugában, vagy a durvalemezben kialakult középvonali szegregáció nehezen mérsékelhető utólagos hőkezeléssel. A dolgozat, a középvonali szegregáció természetének ismertetése után arra keres választ, hogy milyen tényezők befolyásolják a középvonali szegregáció stabilitását.

Kulcsszavak:

középvonali dúsulás, folyamatos öntés, mangánötvöztetés hatása, karbonaktivitás

1. A középvonali dúsulás természete

A lemezbugák középvonali szegregációja részben a makrodúsulással, részben a megszilárduló olvadék zsugorodásával kapcsolatos jelenség. A középvonali dúsulás a folyamatos öntés során az öntött szál középvonali tartományában alakul ki, a kristályosodási és átalakulási (mikrodúsulás), olvadékaramlási folyamatok, valamint a kristályosodási zsugorodás kompenzálásához szükséges olvadék utánpótlás lehetőségeinek függvényében. A középvonali szegregáció szempontjából azok a folyamatok meghatározóak, melyek a kristályosodó szál hosszának kb. utolsó harmadában történnek, ekkor a középvonalban a hőmérséklet a likvidusz hőmérséklet alatt van, vagyis a szál közepe a mushy (szilárd+olvadék) állapottal jellemezhető. A dendritek között már csak dúsult olvadék található, így bármely hatás (hűtési viszonyok, támgörgők beállításai, kihajlás, stb.), mely olvadékmozgást eredményez, szükségképpen az öntött szál belsejében makrodúsuláshoz vezet. Lényeges, hogy a

mushy zónában az olvadék keveredési, és utánpótlási lehetősége drasztikusan csökken a szilárd fázis térfogatarányának növekedése függvényében. A dendritágak közötti zeg-zúgos rendszer áteresztő képessége (permeabilitása) lecsökken, így ebben a tartományban már csak korlátozott olvadék utánpótlás és keveredés lehetséges. Az ún. olvadékmag redukciós eljárást a fenti hatások kompenzálására fejlesztették ki, sikeres alkalmazásához az összetétel és a technológiai paraméterek szigorú összehangolása szükséges. A fenti jelenségek eredményeképpen az öntött szálban, a középilonali szegregációt tartalmazó anyagrészen az átlagostól eltérő összetételű acél és/vagy dendritközi zsugorodási üregek vannak.

Felmerülő a kérdés, hogy a középilonali dúsulás eredményeként létrejött összetételi inhomogenitás csökkenthető-e diffúziós izzítással abban az esetben, ha kizárjuk a diffúziót esetlegesen akadályozó folytonossági hiányok jelenlétét. A tapasztalatok szerint lényegesen nem csökkenthető ezzel a módszerrel az inhomogenitás. Az egyes szerzők a mangán karbonaktivitást [1] csökkentő hatását tartják felelősnek ezért, mások a foszfor és egyéb elemek hatását tartják lényegesnek, de a jelenséget megnyugtató módon magyarázó elmélet ez idáig nem született.

2. Szendvics minták készítése és hőkezelése

A kísérleti munka célja annak feltérképezése, hogy a mangán milyen hatást fejt ki a karbon diffúziójára vonatkozóan. Ennek érdekében mesterséges középilonali szegregációt tartalmazó mintákat készítettünk és ezeken vizsgáltuk a diffúziós hőkezelés hatásait. A kísérleti munka alapötlete az ún. szendvics minták készítése ARB (accumulative roll bonding) eljárással. Ezt a – lényegében a plattírozás technológiáján alapuló - módszert irányított szerkezetű, esetenként nanoszerkezetű minták előállítására is használják [2], de ezzel a módszerrel a melegen hengerelt lemezek – mesterséges - soros szövete is modellezhető, vizsgálható [3]. Célunk olyan többregetű minták előállítása volt, amelyek kiterjedésükben és összetételükben reprezentálják a lemezbugák középilonalában kialakuló karbon és/vagy mangán dúsulást. A szendvics minta középső eleme (a továbbiakban „betét”) reprezentálja a dúsulást, a két külső réteg (a továbbiakban „alap”) pedig a lemez átlagos összetételét.

A melegen hengerelt, mesterséges dúsulást tartalmazó lemezekből lézeres vágással a diffúziós kísérletekhez alkalmas méretű mintákat (szélesség 10 mm) készítettünk. Az így kialakított mintákat lágyacél lemezek közé csomagoltuk és lézeresen körbehegesztettük, hogy a hőkezelési kísérletek során a minta és a kemence atmoszféra közötti kölcsönhatás megakadályozzuk. A diffúziós hőkezeléseket laboratóriumi kemencében 1000, 1070 és 1150 °C hőmérsékleteken végeztük 10, 30, 60 és 120 perc hőntartási időkkel. A kezelést követően kicsomagolt minták felülete fémtiszta volt, jelezve, hogy nem történt reakció a minta felülete és a kemence atmoszféra között. A diffúziós hőkezelésen átesett minták csiszolatain metallográfiai vizsgálatot végeztünk. A minták egy részét ezt követően 950 °C-ról vízben leedzettük, majd meghatároztuk a keménység eloszlást.

3. A kísérleti módszer alkalmazhatóságának ellenőrzése

A szendvics minták diffúziós kísérletekre való alkalmasságának megítéléséhez - vagyis annak ellenőrzésére, hogy a meleghengerlés során kialakult fém-fém határfelület a diffúzió szempontjából nem jelent akadályt -, a Mn ötvözés nélküli sorozat 1000 °C-on izzított mintáira (10, 30, 60 és 120 perces hőntartások) vonatkozóan részletes elemzést végeztünk. Számítással meghatároztuk a különböző hőntartási időkre vonatkozó várható karboneloszlást, ennek eredményét mutatja az 1.a/ ábra. A számításokat a COMSOL [4] szoftverrel végeztük. A karbondiffúziós folyamat ellenőrzését a diffúziós kezelések után a magrészen maradó karbon keménységnövelő hatása alapján végeztük. A diffúziós hőkezelés után a mintákat 950 °C-on ausztenitesítettük 10 percig, majd vízben leedztük. Ezt követően az edzett minták metallográfiai csiszolatán mikrokeménységméréssel meghatároztuk a magrészen maximális keménységét.

A 1.b/ ábra mutatja a méréssel és számítással meghatározott keménységi értékeket, melyek jól illeszkednek egymáshoz, vagyis a fém-fém határfelület lényegében nem gátolja a karbon diffúzióját.

a.)

b.)

1. ábra. A karbon számítással meghatározott várható eloszlása (a.) és az ebből származtatott keménységi értékek a mért keménységi adatokkal együtt (b.)

4. A mangán lépcső hatása, következtetések

A Thermo-Calc szoftverrel [6,7] és más matematikai modellekkel [8-12] végzett számítások azt bizonyítják, hogy a mangán csökkenti a karbon aktivitását a homogén ausztenites mezőben, így a diffúziós hőkezelés után is lényeges különbség van az alap és a betét szerkezete között (2.a/ ábra). A karbon aktivitása az Fe-C-Mn rendszerben függ a karbondartalomtól és mangántartalomtól. A modellekben a karbondartalom együtthatója pozitív és nagyobb, mint a mangántartalom negatív együtthatója, vagyis a mangán csökkenti a karbon aktivitását az ausztenitben, a karbondartalom különbségből adódó hatást viszont ezt kompenzálja, sőt – túlkompenzálja. Vizsgáljuk azt a helyzetet, ha a nagy mangántartalmú részben csökken, a kisebb mangántartalmúban növekszik a karbonkoncentráció. Az 1150 °C-on érvényes viszonyokat a 2.b/ ábrán követhetjük nyomon Hillert [9]

modellje alapján [12]. Az ábra alapján két következtetés is levonható. Egyrészt a diffúziós folyamat hajtóereje a mag és a betét aktivitásának különbségeként fogható fel, ez az érték csökken, ahogy a betét és az alap karbontartalma közelít egymáshoz. Másrészt kialakulhat olyan helyzet, amikor a betétben és az alaplemezben a karbon aktivitása azonos lesz. Egy ilyen helyzetet ábrázol a 2.b/ ábra is. Ha például a betétben a karbontartalom 0,26 wt%-re csökken és közben az alaplemezben a karbontartalom eléri a 0,18 %wt-ot, akkor a határfelületen megegyeznek az aktivitások, vagyis megszűnik a diffúziós folyamat hajtóereje.

2. ábra. A Mn dúsulás tipikus megjelenése a diffúziós hőkezelés után (a.) és a karbonaktivitás karbontartalom függése különböző Mn tartalmak esetén (b.)

Irodalom

- [1] G. Krauss: Steels: Heat Treatment and Processing , ASM Int. Metals Park Ohio, USA, 1990
- [2] N. Tsuji, R. Ueki, Y. Minamino, Y. Saito: Scripta Materialia 46 (2002) 305-310
- [3] T.F. Majka, D.K. Matlock, G. Krauss: Metal. and Mat. Trans. A, 2002, Vol.33A pp. 1627-1637
- [4] www.comsol.com
- [5] J. Miettinen: Metal. and Mat. Trans. B, 28B (1997), pp. 281-297
- [6] J-O. Andersson, T. Helander, L. Höglund, P. Shi, B. Sundman: CALPHAD, 26 (2002) 273-312
- [7] W.Huang: Metal. Trans. A, 21 A (1990) pp. 2115-23
- [8] S.S.Babu, H.K.D.H.Bhadeshia: J Mater Sci, 1995, vol.14, pp.314-316
- [9] M.Hillert, M.Waldenström: Metal. Trans. A, 1977, vol.8A, pp.5-13
- [10] W.Huang: Metal. Trans. A, 1991, vol.22A, pp. 1911-1920
- [11] T.Wada, H.Wada, J.F.Elliott, J.Chipman: Metal. Trans., 1972, vol.3, pp.1657-1662
- [12] Kaptay György személyes információi és számításai

dr. Réger Mihály, PhD

Munkahely: Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,
Anyag- és Gyártástechnológiai Intézet

Cím: 1081, Magyarország, Budapest, Népszínház u. 8.

Telefon / Fax: 36-1-6665423

E-mail: reger.mihaly@bgk.bmf.hu