XVI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2011. március 24–25.

A KARBON AKTIVITÁS SZÁMÍTÁSÁN ALAPULÓ DIFFÚZIÓS MODELL

dr. RÉGER Mihály, VERŐ Balázs

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. The eligibility of sandwich structured samples for diffusional experiments, i.e. the permeability of the metal-metal boundaries in the samples from diffusional point of view was checked by the comparison of measured and theoretically calculated hardness value for plain carbon steels. Diffusional homogenization experiments were performed and the samples were examined metallographically. The paper deals with the details of mathematical approach including the cross effects between carbon and manganese during the diffusional process.

Keywords:

centerline segregation, carbon activity, effect of manganese, diffusional homogenization

Összefoglalás

Ez a fejezet a már létrejött középvonali dúsulás természetével, illetve a dúsulás csökkentésének lehetőségével foglalkozik. A középvonali szegregáció a lemezbuga hengerlése során elnyúlik, a durvalemezek és sokszor a tekerselet szalagok középvonalában is kimutatható. Ez a jelenség a feldolgozás során elsősorban a durvalemezek esetében jelent problémát (rétegesség, hegesztési, alakítási nehézségek). Általános tapasztalat, hogy a lemezbugában kialakult középvonali szegregáció a hengerlést követően a durvalemezek utólagos hőkezelésével alig méréselhető. A kutatási munka során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy milyen tényezők, milyen mechanizmussal befolyásolják a középvonali szegregáció stabilitását. A dolgozat a karbon és mangán közötti kölcsönhatást is magában foglaló diffúziós modell matematikai leírásával foglalkozik.

Kulcsszavak:

középvonali dúsulás, karbonaktivitás, mangán hatása, diffúziós homogenizálás

1. Bevezetés

A lemezbugák középvonali szegregációja részben a makrodúsulással, részben a megszilárduló olvadék zsugorodásának eredményeként kialakuló porozitással kapcsolatos jelenség. A kristályosodást követő melehengerlés során a bonyolult alakú, dendritközi fogyási üregek záródásának mértéke az alakváltozás függvénye, de a tapasztalatok szerint a kémiai összetételben megmutatkozó különbség még a relatíve gyorsan diffundáló elem, a karbon tekintetében is megmarad. A jelenség fizikai modellezése céljából „mesterséges középvonali dúsulást” tartalmazó szendvicsmintákat állítottunk elő, ezek kísérleti hőkezelése és vizsgálata lehetőséget adott a diffúziós folyamatokban a dúsult elemek kölcsönhatásának

értékelésére [1-3]. A folyamat matematikai leírására újfajta, a karbon aktivitásának elemzésén alapuló számítási modellt dolgoztunk ki, mely a karbon és a mangán diffúziós folyamatokban kialakuló kölcsönhatását is figyelembe veszi. A dolgozat a számítási modell részleteit ismerteti.

2. A modell leírása

A karbon aktivitásán, illetve annak a szendvics mintán belüli különbözőségén alapuló diffúziós számításhoz véges differencia módszer alkalmazását választottuk. A szendvics minták általános szerkezetét az 1. ábra mutatja vázlatosan. A szimmetria miatt elegendő a minta fél vastagságára redukálni az elemzéseket és számításokat.

1. ábra A szendvics minták általános szerkezete

Osszuk fel az s vastagságú minta fél vastagságát n egyenlő részre, és jelöljük az így létrejött osztáspontok x irányú koordinátáját rendre $x_0, x_1, x_2, \dots, x_i \dots x_{n-1}, x_n$ -el, a köztük lévő távolságot jelölje Δx . Ekkor az

$$x_i = i \cdot \Delta x \quad (i=0,1,2,3 \dots n) \text{ és} \quad (1)$$

$$x_n = s/2. \quad (2)$$

Legyen a „Betét” anyagréssz vastagsága b ($b < s$) és tegyük fel, hogy a h -adik osztáspontra (1. ábra)

$$x_h = b/2 \quad (3)$$

teljesül.

Jelölje $C_0, C_1, C_2 \dots C_i \dots C_n$ sorrendben az osztáspontoknál a karbon koncentrációját, $Mn_0, Mn_1, Mn_2 \dots Mn_i \dots Mn_n$ pedig rendre a mangántartalmat ugyanezen pontokban.

A $t = 0$ időpillanatra vonatkozóan definiáljuk a kezdeti koncentráció-eloszlást az alábbiak szerint:

$$C_i^0 = C_B \text{ és } Mn_i^0 = Mn_B \text{ ha } i < h \text{ és}$$

$$C_i^0 = C_A \text{ és } Mn_i^0 = Mn_A \text{ ha } i \geq h,$$

ahol C_B és C_A , illetve Mn_B és Mn_A a „Betét” és az „Alap” karbon-, illetve mangántartalma.

Definiáljuk a

$$CA_i = f(C_i, Mn_i, T) \text{ és} \quad (4)$$

függvényt, ahol CA_i a karbon aktivitása az x_i osztáspontban a $t = 0$ időpillanatban. A T a hőmérséklet konstans értékű a számítás során. A CA_i függvény vizsgált típusai a ismertett szakirodalmi hivatkozásokban megtalálhatók [4-6].

Jelölje Δt a számítás időfelosztásának lépésközét és vezessük be az

$$r = \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2} D \quad (5)$$

paramétert, ahol D az aktív karbonra (karbonaktivitásra) érvényes ún. „effektív” diffúziós tényező. Az „effektív” diffúziós tényező meghatározási módjának leírását a korábbi munkák ismertetik [1-3].

Legyen az x_i osztáspontban és a $t_j = j \cdot \Delta t$ időpontban az aktivitás aktuális értéke

$$CA_i^j = f(C_i^j, Mn_i^j, T). \quad (6)$$

A t_j időpontra és x_i osztáspontra felírható a véges differencia módszer algoritmusa szerinti

$$CA_i^{j+1} = r \cdot CA_{i+1}^j + (1 - 2 \cdot r) \cdot CA_i^j + r \cdot CA_{i-1}^j \quad (7)$$

egyenlet.

Képezzük a

$$\Delta CA_i^j = CA_i^j - CA_i^{j-1} \quad (8)$$

különbséget, mely az x_i osztáspontban az aktív karbon értékében bekövetkezett változást jellemzi a t_j időpontban. A valódi karbontartalom is ezzel az értékkel csökken az x_i osztáspontban a t_j időpontban ezért

$$C_i^j = C_i^{j-1} + \Delta CA_i^j. \quad (9)$$

Íly módon számítható az x_i osztáspontban a t_j időpontra vonatkozó karbontartalom aktuális értéke. Ennek ismeretében a fenti formulák alapján meghatározható a karbonaktivitás értéke a t_{j+1} időpillanatra.

3. Összefoglalás

A ausztenit diffúziós homogenizáló hőkezelése során a karbon és a mangán között kialakult kölcsönhatás és annak következményei a bemutatott modellel leírhatók, ezt bizonyítja a számított és mért keménység adatok jó egyezése. Az eredmények összhangban vannak a gyakorlati tapasztalatokkal is [1-3].

A mangán kettős szerepet játszik a középvonali dúsulások stabilitásában. Mivel nagyon lassan diffundál, így a hagyományos homogenizáló hőkezelési eljárások alkalmazásával a mangántartalom kiegyenlítődése nem kerül sor, vagyis a nem egyenletes mangáneloszlás megmarad. Ez a nem egyenletes mangáneloszlás befolyásolja egyrészt a karbontartalom homogenizálódását a bemutatott mechanizmuson keresztül, másrészt a Betét oldali mangán a perlit mennyiség növekedését és esetenként nem egyensúlyi szövetelemek megjelenését eredményezi. A viszonylag kicsi karbontartalom különbség e-

rőteljesen hozzájárulhat a mangántartalom különbség okozta szövetszerkezeti eltérések kialakulásához és nagyobb mennyiségű perlit, és/vagy akár nem egyensúlyi szövetelemek (bénit, martenzit) megjelenését is eredményezheti a normalizáló jellegű hőkezelés során. Az ilyen jellegű és mértékű szövetszerkezeti és keménységi inhomogenitás okozhatja a bevezetésben is említett lemezfeldolgozási problémákat.

Irodalom

- [1] M. Réger, B. Verő, I. Kardos, P. Varga: *The Effect of Alloying Elements on the Stability of Centerline Segregation*, DEFECT AND DIFFUSION FORUM 297-301: pp. 148-153. (2010)
- [2] Reger M, Vero B, Felde I, Kardos I: *The Effect of Heat Treatment on the Stability of Centerline Segregation*, JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING 56:(2) pp. 143-149. (2010)
- [3] Reger M., Vero B., Kardos I., Fábíán E. R., Kaptay Gy.: *Diffusion of Carbon in the Centerline Region of CC Slabs*, MATERIALS SCIENCE FORUM (ISSN: 0255-5476) 659: pp. 441-446. (2010)
- [4] M. Hillert, M. Waldenström: *Metal. Trans. A*, 1977, vol.8A, pp.5-13
- [5] W. Huang: *Metal. Trans. A*, 1991, vol.22A, pp. 1911-1920
- [6] T. Wada, H. Wada, J. F. Elliott, J. Chipman: *Metal. Trans.*, 1972, vol.3, pp.1657-1662

dr. Réger Mihály, főiskolai tanár

Munkahely: Óbudai Egyetem, BGK Anyag és Gyártástechnológiai Intézet

Cím: 1081 Budapest, Népszínház u. 8.

Tel: +36-16665430

Fax: +36-16665423

E-mail: reger.mihaly@bgk-uni.obuda.hu