Kolozsvár, 1998. március 20-21.

KERÁMIASZEMCSE FÉMOLVADÉKBA MERÜLÉSE FÉMMÁTRIXÚ KOMPOZITOK GYÁRTÁSÁKOR

Barkóczy Péter, Farkas János

Abstract

The incorporation of ceramic particle into liquid metals was investigated. We find different models when the literature was reviewed. These models gave the different results, so a thermodynamic criteria was developed to solve this problem. A general criteria was worked out which uses a geometrical parameter to describe the shape of incorporated particle. This criteria was applied to some idealised shape for example ellipsoid, sphere and the condition of spontaneously incorporation of these ideal particle was developed. The model gave the same results in all cases. All particle incorporate into the melt spontaneously, when the melt is wetting the particle perfectly. This independent for the shape of the particles. Only the equilibrium depth of immersion depend on the shape of the particles.

Kerámiarészecskék fémolvadékba merülésének folyamatát a határfelületi energiák irányítják, hiszen mikrométer a jellemző méretek nagyságrendje. A folyamat során az anyagok belső energiatartalma nem változik. Ezek alapján a folyamat leírásakor elegendő a határfelületekre és a határfelületi energiákra koncentrálnunk. Tekintsünk egy rendszert: egy részecske merül a fémolvadékba (1. ábra). Ennek a rendszernek az energiája az ábra jelöléseivel a következő egyenlettel adható meg:

$$G_{\Sigma} = S_{sg} \cdot \sigma_{sg} + S_{fg} \cdot \sigma_{fg} + S_{sf} \cdot \sigma_{sf} \quad (1)$$

Az S értékek az ábrán feltüntetett felületeket a σ értékek a hozzájuk tartozó határfelületi energiát jelöli. Az egyensúlyi bemerülési mélységet keressük, ami a szabadentalpia minimumánál valósul meg. A kifejezést átrendezve és a bemerülési mélység (x) szerinti szélsőértékére vizsgálva megkapjuk a szemcse fémolvadékba merülésének termodinamikai egyenletét. A levezetés során feltételeztük, hogy a szemcse egyensúlyi állapotok sorozatán, azaz végtelen lassan merül a folyékony fémbe. Ez az egyenlet nem

tartalmaz a szemcse geometriájából fakadó feltételezést így minden alakra alkalmazható, ha az megfelelő formában leírásra került.

1. ábra. A vizsgált rendszer.

Ezek alapján a bemerülés kritériumát a következőképp fogalmaztuk meg:

$$-\frac{\frac{dS}{dx}}{\frac{dS_{sf}}{dx}} = \frac{W}{\sigma_{fg}} - 1 \quad (2)$$

Itt az eddigi jelöléseken kívül a W az adhéziós energiát jelöli, S pedig a szemcse olvadék síkjába eső metszetének a területét.

Ezt az összefüggést először gömb alakú idealizált részecskére alkalmaztuk. Az egyensúlyi bemerülési mélységre a következő összefüggést kaptuk:

$$\frac{x_e}{R} = \frac{W}{\sigma_{fg}} \quad (3)$$

A képletben az R a gömb sugarát jelöli. Ez az egyenlőség az [1]-ben is megtalálható. Az említett irodalom áttanulmányozása után felismerhető, hogy az ott alkalmazott eljárást használtuk, csak nem alkalmaztuk a levezetés során a részecske gömb alakját. A részecske akkor merül teljesen az olvadékba, ha az egyensúlyi mélységére a: $x \geq 2R$ reláció igaz. Ezt felhasználva választ adhatunk a teljes bemerülés feltételére. Behelyettesítve a 3.-ba kapjuk hogy:

$$2\sigma_{fg} \leq W \quad (4)$$

esetén merül spontán az olvadékba a részecske. A nedvesítésre vonatkozó összefüggéseket alkalmazva láthatjuk, hogy ez a feltétel azt mondja ki, hogy a spontán bemerülés csak akkor következik be, ha az olvadék tökéletesen nedvesíti a szemcsét.

A természetben ritkán használható jó közelítésként a gömb, ezért kerestünk egy új geometriai alakzatot ami jobban közelíti a valóságot. Ez a test a forgási ellipszoid lett. A gömb esetében mindegy milyen helyzetű az olvadékhoz viszonyítva. Feltételeztük, hogy az ellipszoidra ez nem igaz, ezért kétféle helyzetben is megvizsgáltuk a viselkedését. Elsőként azt az esetet amikor az ellipszoid hosszú tengelyével merül az olvadékba. Az egyensúlyi bemerülési mélységre a következőt kaptuk:

$$\frac{b \cdot x_e}{a^2 \cdot \sqrt{1 - \varepsilon^2 \frac{x_e^2}{a^2}}} = \frac{W}{\sigma_{fg}} - 1 \quad (5)$$

A képletben az a az ellipszoid fél nagytengely-, b a fél kistengely-hossza, ε az ellipszis numerikus excentricitása és x_e az egyensúlyi bemerülési mélység. Ha jobban megfigyeljük a geometriai paramétereket akkor analógiát találhatunk a gömbbel. Mégis meglepett minket a teljes bemerülésre kapott feltétel, hiszen az megegyezett a gömbnél kapottal. Tehát ezt az alakot követő részecske is akkor merül be magától az olvadékba, ha az tökéletesen nedvesíti a felületét.

Ezek után izgalommal vizsgáltuk meg azt az esetet amikor az ellipszoid kistengelyével merül az olvadékba. Itt a felületeket leírása nehézségbe ütközött. Tulajdonképpen csak közelítettük az ellipszoid felületét a [2]-ben megadott képlet szerint. Az 5.-hez nagyon hasonló összefüggést találtunk:

$$\frac{2ay_e}{k'b\sqrt{1 - \varepsilon^2 \cdot \frac{y_e^2}{b^2}}} = \frac{W}{\sigma_{fg}} - 1 \quad (6)$$

Az eddigi jelöléseken kívül a képletben a k' az ellipszis kerületének és a π -nek a hányadosa, az egyensúlyi bemerülési mélységet itt y_e jelöli. A k' értékét közelítettük ezért nem fejeztük ki, továbbá így jobban látszik a hasonlóság az 5. egyenlettel. A teljes bemerülésre vonatkozó vizsgálat a közelítés ellenére is jól mutatta az eddigi eredményt, azaz az ilyen helyzetű részecske akkor merül magától az olvadékba ha az tökéletesen nedvesíti a felületét.

Tovább böngészve az [1]-et megtaláltuk egy harmadig test leírását, a hengerét. Ott a fordított folyamatot vizsgálja az író, az olvadék folyik a szálak közé. A vizsgálódásunk szemszögéből is

megfogalmazhatjuk az ott leírtakat, bár gyakorlati jelentősége ennek nem sok. Az író megállapítása a mi megfogalmazásunkban úgy szól, hogy akkor merülne be magától egy hengeres részecske az olvadékba, ha az a felületét tökéletesen nedvesítené.

Három különböző részecskénél négy vizsgált esetben ugyanazt az eredményt kaptuk a teljes bemerülés kritériumaként. Az eltérő alakú részecskék között a különbség az egyensúlyi bemerülési mélységben jelentkezett. Ezek alapján kijelentethetjük, hogy minden szemcse, függetlenül az alakjától akkor merül be teljesen az olvadékba, ha az olvadék tökéletesen nedvesíti a felületét. Képletben összefoglalva: (idézzük a 4. relációt):

$$2\sigma_{fg} \leq W$$

Felhasznált irodalom:

- [1] G. Kaptay - Interfacial Phenomena during Melt Processing of Ceramic Particle-Reinforced Metal Matrix Composites. Material Science Forum Vols. 215-216 (1996) pp. 459-466.
- [2] Matematikai kislexikon Műszaki könyvkiadó Budapest 1974. 89.o.
- [3] B. F. Quigley, G. J. Abbaschian, R. Wunderlin, R. Mehrabian - Met. Trans. 13A.,93 (1982).
- [4] K. C. Russel, J. A. Cornie, S-Y. Oh - Solidification of Metal-Matrix Composites. Ed. by P. Rohatgi, TMS Publication, 77(1989).
- [5] P. K. Rohatgi, R. Asthana, R. N. Yadav, S. Ray - Met. Trans. 21A., 2073 (1990).
- [6] Kenneth C. Russel, S-y. Oh, A. Figueredo - MRS Bulletin 1991 április.
- [7] D.M. Stefanescu, F. Rana, A. Moitra, S. Kacar - in: Solidification of Metal-Matrix Composites. Ed. by P. Rohatgi, Tms Publication, 77(1989).

Barkóczy Péter 3. éves anyagmérnök hallgató

Farkas János 3. éves anyagmérnök hallgató

Miskolci Egyetem Kohómérnöki Kar 3515 Miskolc, Egyetemváros

(46)365-111