FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

RÉSZECSCKE ELRENDEZŐDÉS JELLEMZÉSE AL/SIC KOMPOZITBAN

Kovács Jenő - Gácsi Zoltán

Abstract

The mechanical properties of the ceramic particle-reinforced metal matrix composites are mainly influenced by the amount, size, shape and arrangement of the embedded hard particles. The pair-correlation function was selected as a mathematical tool for quantitative description of particle distribution. This function was calculated by a self-made computer program using the digital image analysis. Applicability of the mentioned procedure was demonstrated on the real microstructure of Al/SiCp composites. The microstructure of the sintered samples was analysed by optical microscope and quantitative relationship between the SiC particles sizes and amount and the type of the developed arrangement was stated.

Kivonat

A kerámia részecskékkel erősített fémmátrixú kompozitok mechanikai tulajdonságait jelentős mértékben befolyásolja a beágyazott kemény részecskék mennyisége, mérete, alakja és elrendeződése. A részecske eloszlás mennyiségi leírására a párkorrelációs függvényt választottuk. Ezt a függvényt egy saját készítésű számítógépes programmal határoztuk meg felhasználva a digitális képelemzés kínálta lehetőségeket. Az említett eljárás alkalmazhatóságát Al/SiC kompozitok mikroszerkezetén mutattuk be. A színtereit minták mikroszerkezetét fénymikroszkóppal vizsgáltuk és mennyiségi összefüggést állapítottunk meg a SiC részecskék mérete, mennyisége és a kialakult elrendeződés jellege között.

Bevezetés

A kerámia részecskékkel erősített fémmátrixú kompozitok az anyagtudomány számtalan területén, az egész világon igen széles körben használt, közkedvelt anyagok. Ez egyrészt a könnyű és a viszonylagosan olcsó porkohászati módszerekkel történő előállításuknak, másrészt a gyártott termékek előnyös mechanikai tulajdonságainak köszönhető. A kis tömegű alumínium mátrixba ágyazott kemény kerámia részecskék megnövelik annak folyáshatárát, rugalmassági modulusát, keménységét, illetve javítják hő- kopás- és korrózióállóságát. Az alapanyagban található erősítő részecskék térfogatarányának változtatásával a késztermékek hőágulási együtthatója a kívánt értékre állítható be. Ezen kedvező tulajdonságok alapján a kompozitok kiválóan alkalmazhatók autó- és repülőipari alkatrészekként, koptató tárcsák anyagául, illetve megfelelő hőállóságuknak köszönhetően felhasználhatók mikroprocesszorok és mikrohullámú berendezések burkolataként. A végtermékek

mechanikai tulajdonságait jelentős mértékben befolyásolja a mátrixban elhelyezkedő részecskék mennyisége, mérete, alakja és eloszlása. A csoportokba, ún. klaszterekbe rendeződött részecskék a mátrixban feszültséggyűjtő helyekként szerepelnek, növelik az anyag repedési hajlamát, porozitását, rontják annak mechanikai tulajdonságait [1]. Így fontos feladat a különféle részecske elrendeződések összehasonlítható, számszerű adatokkal való jellemzése.

A vizsgált anyag

A kompozit minták alapanyagaként 99,5% tisztaságú alumínium port (FLUKA AG) és golyósmalomban őrlött, háromféle szemcseméretű SiC port (NORTON AS) választottunk. Az alumínium por átlagos részecskemérete ~20µm volt. A SiC porok átlagos részecskeméretei ~70µm (P220), ~14µm (P500) ~8µm (P800) voltak. A porokat laboratóriumi mágneses keverőben 30 percen át homogenizáltuk. Hét különböző porkeveréket készítettünk változtatva azokban a SiC mennyiségét (5, 10, és 15 tömeg%) és részecskeméretét (P220, P500 és P800).

A kompozit minták gyártása porkohászati úton történt. Hasáb alakú (14x4x4 mm³) kompozit mintákat állítottunk elő egytengelyű hideg sajtolással, 400 MPa nyomást alkalmazva. A sajtolás során kenőanyagot nem használtunk. A minták szinterelését 610°C-on 2 órás hőntartás mellett nagytisztaságú (99,999%) nitrogén védőgázban végeztük. Szinterelés közben a mintákban létrejövő méretváltozásokat NETZSCH 402E típusú dilatometer segítségével mértük. A dilatométeres vizsgálatok műszaki jellemzőit és a szinterelés során jelentkező méretváltozásokat egy korábbi publikációban mutattuk be [2].

A részecske elrendeződés jellemzése

A szakirodalomban az elmúlt években többféle matematikai eljárást közöltek a különféle részecske elrendeződések számszerű adatokkal történő leírására és a részecske csoportosulások (klaszteresség) mértékének megállapítására [3]. Ezen eljárások közül néhány: a párkorrelációs függvény, a számítógépes képelemzésen alapuló dilatációs algoritmus és a négyszög módszer. Az általunk választott párkorrelációs függvény eljárás elvi alapja a következő: "r" sugarú koncentrikus köröket rajzolunk minden egyes részecske tömegközéppontjából kiindulva és megállapítjuk az "r" sugarú körökbe eső részecske tömegközéppontok átlagos darabszámát, viszonyítva az átlagos pontsűrűséghez: $K(r)$, [mm²]. Ha "N" a részecske tömegközéppontok darabszáma az "A" területű látótérben, akkor írhatjuk, hogy az átlagos pontsűrűség: $N_A = N/A$, [1/mm²]. Ekkor az "r" sugarú körbe eső átlagos darabszám $N_A * K(r)$. Mindezek felhasználásával a párkorrelációs függvényt ($g(r)$) Ohser [4] nyomán a következőképpen használhatjuk:

$$g(r) = \frac{1}{2\pi r} \frac{dK(r)}{dr} \tag{1}$$

A számítások során a fenti függvény becslésére az alábbi egyenletet alkalmaztuk:

$$g^*(r_i) \approx \Delta K(r) \frac{1}{2 \pi r \Delta r} = \frac{N_i}{N} \frac{1}{A} \frac{1}{A_i} \tag{2}$$

ahol: " N_i " a részecske tömegközéppontok darabszáma az i -edik körgyűrűben, " A_i " az i -edik körgyűrű területe [képpont], " N " a részecske tömegközéppontok darabszáma a látótérben, " A " a látótér területe [képpont].

Számítógépes algoritmust dolgoztunk ki a párkorrelációs függvény becslésének ($g^*(r_i)$) számítására. A vizsgálatokat szintereit, porkohászati Al/SiC minták mikroszkópos szövetképein végeztük. Az elemzéseket fénymikroszkóppal felszerelt Leica Quantimet 500 Image Workstation típusú képelemzővel hajtottuk végre. A SiC részecskék helyzetét az alumínium mátrixban a tömegközépponti koordinátaikkal (x, y) határoztuk meg. Az elemzett képek felbontása 480x480 képpont, a mérőkeret nagysága 280x280 képpont volt. A mérőkereten belüli részecskék tömegközépponti koordinátaiból koncentrikus köröket rajzoltunk és meghatároztuk az egyes körgyűrűkbe eső részecskék darabszámát. Véletlenszerű részecske elrendeződés esetén a $g^*(r_i)$ függvény értéke ~ 1 . Ha a részecskék erősen

1. ábra. A $g^*(r_i)$ függvény két elméleti görbéje.

csoportosult helyzetben vannak egy jelentős helyi maximum található a függvénygörbén és ez jóval nagyobb egynél. A helyileg nagyon inhomogén részecske elrendezésű területeken a függvényérték szintén nagyobb, mint 1. Azokon a helyeken, ahol a részecskék nagy távolságban helyezkednek el egymástól a párkorrelációs függvény kisebb egynél.

A $g^*(r_i)$ függvény két elméleti görbéje az 1. ábrán látható.

A módszer alkalmazása

A kompozit mintákat polírozással készítettük elő kvantitatív metallográfiai vizsgálatra. A mikroszerkezeteket a SiC részecskék átlagos méretétől függően háromféle nagyításban (mikroszkopikus és elektronikus) elemeztük: P220 (400x), P500 (800x), P800 (2000x). A SiC részecskék tömegközépponti koordinátáinak megbízható mérése céljából az eredeti szövetképeken szürke és bináris kép-átalakítási lépéseket végeztünk.

Az említett számítógépes programot lefuttattuk a vizsgált kompozitokon. Az alkalmazott legkisebb kör sugara 10 képpont volt a P800-as mintánál, 20 képpont a P500-as esetében és 25 képpont a legnagyobb méretű (P220) SiC részecskéket tartalmazó mintákra vonatkozóan. A maximális körsugar 100 képpont volt minden egyes minta esetén. A számításokat az összes mintadarabnál 10 látótéren

hajtottuk végre, így minden esetben megközelítően 500 darab részecskét elemeztünk. A 2. ábra a számított $g^*(r_i)$ függvényeket szemlélteti a koncentrikus körök sugarai függvényében a különböző mennyiségű és részecske méretű SiC-tartalmú kompozit minták esetén.

a) különböző mennyiségű (5, 10, 15 tömeg%),
SiC (P220) a mátrixban

b) különböző mennyiségű (5, 10, 15 tömeg%),
SiC (P800) a mátrixban

c) különböző részecske-méretű SiC (P220, P500, P800) a mátrixban,
a SiC mennyisége azonos (15 tömeg%)

2. ábra. A különféle kompozit minták számított $g^*(r_i)$ függvénygörbéi.

Összefoglalás

Saját készítésű számítógépes algoritmust fejlesztettünk ki kerámia részecskékkel erősített alumínium mátrixú kompozitokban a SiC részecskék elrendeződésének kvantitatív jellemzésére. Összefüggéseket állapítottunk meg a kerámia részecskék mennyisége, mérete és a kialakult elrendeződések típusai között. Az elvégzett számítások eredményeképpen az alábbi megállapításokat tehetjük:

- ha a SiC és az alumínium részecskék átlagos méretének aránya csökken, akkor a részecskék csoportosulási hajlama megnő. Abban az esetben, amikor ez az arány jóval kisebb egynél a csoportosulás valószínűsége ugrásszerűen megnő,

- a durvább részecskéjű SiC por használata a mátrixban elősegíti a véletlenszerű részecske elrendeződés kialakulását,
- a SiC mennyiségének változtatása az alumínium mátrixban kevésbé befolyásolja az elrendeződés jellegét, mint annak részecskemérete.

Irodalomjegyzék

- [1] Yoshimura, H. N., Goncalves, MJ, Goldenstefn, Hí, TheiEffects of SiCp íClusters pattd Porosity on the Mechanical Properties of PM Al Mátrix Composites, Trans Tech Publications, Key Engineering Materials Vols. 127-131, 1997, pp. 985-992.
- [2] Gácsi, Z., Pieczonka, T., Kovács, J., Kovács, Á., Szigethy, M., Búza, G., Characterization of Microstructure of Sintered and Laser Remélted Composites, Euromat'99 European Congress on Advanced Materials and Processes, Munich, September 27-30, 1999. "Materials Development and Processing-Bulk Amorphous Materials, Undercooling and Powder Metallurgy", edited by Schultz, L., Herlach, D. M., and Wood, J. V, Vol. 8, 2000, pp. 375-380.
- [3] Sylvie Yotte, Denys Breysse, Joelle Riss, Somnath Ghosh, Cluster Characterisation in a Metál Mátrix Composite, Materials Characterization 46, 2001, pp. 211-219.
- [4] Ohser, J., Lorz, U., Quantitative Gefügeanalyse, Theoretische Grundlagen und Anwendung, B276, Metallurgie und Werkstofftechnik, 1996, Freiburger Forschungshefte, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Germany, ISBN 3-86012-025-5

Név / beosztás: **Dr. Gácsi Zoltán**, egyetemi docens, **Kovács Jenő**, tudományos munkatárs

Munkahely: Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék

Cím: H-3515 Miskole-Egyetemváros, Hungary

Tel. & Fax: +36 46 565201

E-mail: femkjeno@gold.uni-miskolc.hu