

Izdelava kompozita SiC/Al-Fe po postopku hitrega strjevanja

Production of Rapidly Solidified SiC/Al-Fe Metal Matrix Composites

M. Bizjak¹, L. Kosec, A. Smolej, NTF OMM, Ljubljana
B. Šuštaršič, IMT Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1996-01-22

Kompozitni material, ki je sestavljen iz matice Al-Fe in delcev SiC, smo izdelali po postopku "Compocasting". Kompozit smo ulivali v tanke trakove po postopku hitrega strjevanja na vrtečem se kolutu, ki omogoča velike hitrosti strjevanja. Med "compocast" in hitro strjenim kompozitom so opazne mikrostrukturne razlike. Prispevek opisuje pripravo kompozita in nekatere rezultate.

Ključne besede: kompozit s kovinsko osnovo, kompozit SiC/Al-Fe, hitro strjeni kompozit, izdelava

Discontinuously reinforced Si/Al-Fe composite was produced by the compocasting procedure. The compocasting composite was remelted and ejected from the crucible on the fast rotating copper wheel. There are clear microstructural difference between compocast and rapidly solidified composites. This article describe production of the composite and its properties.

Key words: metal matrix composites, SiC/Al-Fe composite, rapidly solidified composite, preparation procedure

1 Uvod

Kompoziti s kovinsko matico (Metal Matrix Composites - MMCs) so inženirski materiali, ki vsebujejo utrjevalno komponento z visokim modulom elastičnosti in trdnostjo ter matico z manjšim modulom elastičnosti, večjo duktilnostjo in žilavostjo. Za razliko od sestavin ima kompozit boljšo kombinacijo lastnosti.

Mnoge snovi, ki se uporabljajo za armaturo in matico, ni mogoče združiti v kompozit, ne da bi priredili mejno površino med njimi, ali pa je potrebno že obstoječo povezavo izboljšati. V MMCs, ki je sestavljen iz reaktivnih komponent, lahko pride zaradi kemičnih reakcij do poslabšanja ali celo izničenja pričakovanih lastnosti. Te probleme rešujemo s površinsko obdelavo ali prevlekami na utrjevalni sestavini, ali modifikacijo kemične sestave kovinske osnove^{1,2}. V nekaterih primerih pa se lahko problem reši tudi z ustrezno izbiro postopka.

Pri izdelavi MMCs od postopka hitrega strjevanja veliko pričakujemo. Za razliko od klasičnih postopkov izdelave kompozita je kontakt armature z matico pri visoki temperaturi omejen na zelo kratek čas (reda velikosti ms). Tako lahko možne kemične reakcije med sestavinami omejimo na najmanjšo mero ali jih celo preprečimo³.

Postopke izdelave kompozitov z metodo hitrega strjevanja delimo na izdelavo laminatnega kompozita in kompozita z utrjevalno komponento, ki ima obliko sferičnih delcev, lističev ali vlaken. Utrjevalno komponento dodajamo z vpihavanjem delcev v peto taline, ki nastaja pri litju na vrteči se kolut, ali pa v talino matrice

pred litjem na hladilni kolut. Izdelava kompozita po postopku hitrega strjevanja je predmet naše obravnave.

2 Eksperimentalno delo

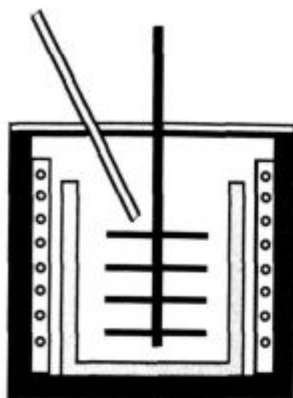
Za izdelavo kompozita s kovinsko matico je pomembna omočljivost med keramičnimi delci in talino. Podana je s kotom omočljivosti, ki je za delce SiC v matici Al pri temperaturi 700°C 150 stopinj in se s časom le malo spreminja⁴. Zaradi omenjenega govorimo o neomočljivosti delcev SiC s staljenim aluminijem. Neomočljivost nam povzroča težave pri izdelavi kompozita, zato smo delce SiC mehansko uvajali v talino.

Izdelava kompozita SiC/Al - Fe po postopku hitrega strjevanja je potekala v dveh stopnjah.

Izdelava kompozita po postopku "Compocasting"

Diskontinuirni kompozit SiC/Al-Fe smo izdelali po postopku "Compocasting". Sestava matice je podana v tabeli 1. Izdelana je iz Al 99.9, predzlitin AlFe75 in AlZr5. Matico smo armirali z okroglimi delci SiC povprečne velikosti 3 mm. Shema naprave je prikazana na sliki 1 in je v osnovi podobna napravam, ki so jih uporabljali mnogi drugi avtorji^{1,5}. V grafitnem loncu elektroporovne peči smo pripravili matico kompozita pod zaščito argona z namenom, da bi čim bolj preprečili oksidacijo taline. Pri ohlajanju nad črto likvidus smo talino premešavali z mehanskim mešalom do temperature nad stanjem solidus. Med ohlajanjem se je izločala trdna faza. Pri vnaprej določeni temperaturi smo začeli vpihivati delce SiC v toku argona. Med premešavanjem taline v testastem stanju (semi-solid) so se delci SiC vmešali med trdno fazo. Po upihavanju smo talino z delci SiC premešavali cca 15 minut, in delci so ostali

¹ Mag. Milan BIZJAK, dipl.inž.met.
NTF-OMM
1000 Ljubljana, Aškerčeva 12



Slika 1: Shema naprave za izdelavo "Compocast" kompozita
Figure 1: A schematic representation of the apparatus used for the production of the compocast composite

mehansko ujeti v talini. Shematski prikaz mešanja taline v semi-solid stanju je podan na **sliki 2**. Pred litjem v kovinsko kokilo smo talino segreli na temperaturo litja.

Tabela 1: Sestava matice kompozita

Oznaka vzorca	m %Fe	m %Zr
AlFeZr	9.35	0.12

Izdelava kompozita po postopku hitrega strjevanja

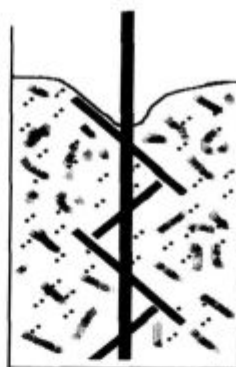
"Compocast" kompozit SiC/Al - Fe smo induktivno stali. Talino z delci SiC smo brizgali skozi šobo pod tlakom argona na hitro se vrteči kolut, kjer so se tvorili trakovi povprečne debeline 58 mm in širine 2.8 mm.

Mikrostrukturo kompozita, izdelanega po postopku "Compocasting," in trakov smo analizirali z optičnim mikroskopom (OM) in transmisijem elektronskim mikroskopom (TEM). Porazdelitev legirnih elementov v kompozitu smo določili z elektronskim mikroanalizatorjem.

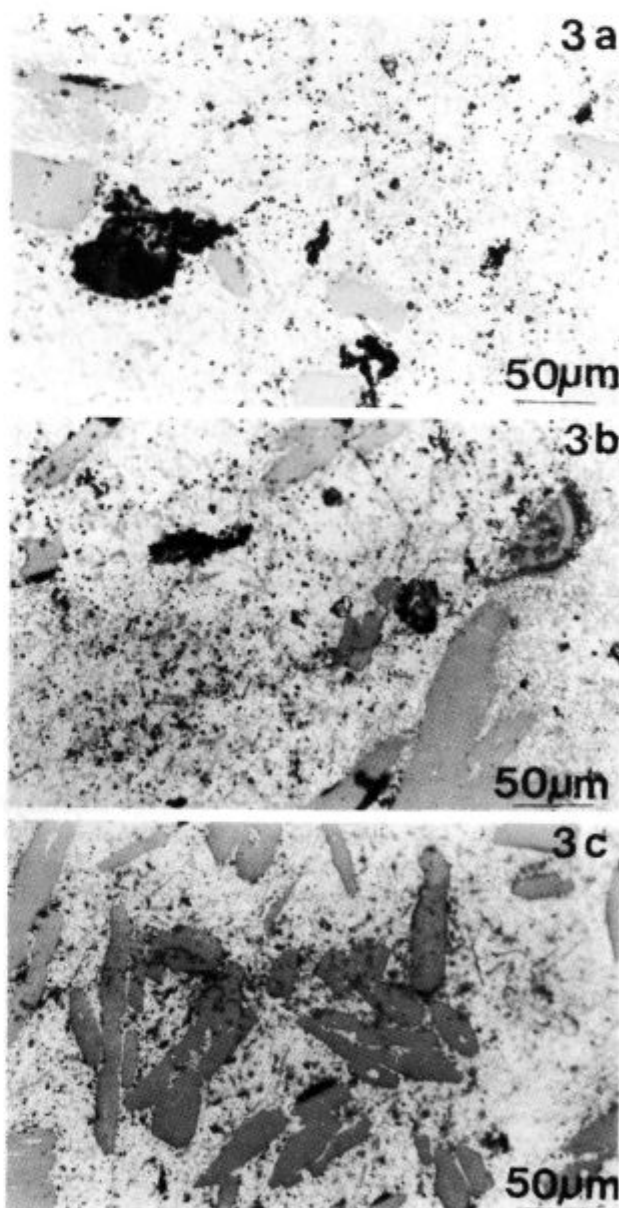
3 Rezultati in diskusija

Metalografske analize kompozitov potrjujejo, da nam ja uspelo izdelati kompozit SiC/Al-Fe, vendar je vnos utrjevalne komponente nezadosten. Na **sliki 3** je prikazana mikrostruktura "Compocast" kompozita. Opazna je porazdelitev delcev SiC, ki je odvisna od hitrosti uporabljenega mešala. Na **sliki 3a in 3b** je prikazana porazdelitev delcev SiC v matici kompozita, mešanega z mešalom s 60 vrtljaji na minuto. Porazdelitev delcev je enakomerna in se le malo spreminja od sredine proti obodu ter po višini odlitka, z razliko od kompozita mešanega z mešalom z 200 vrtljaji na minuto (**slika 3c**). Delež delcev SiC je znatno manjši pri enaki količini dovajanja in enakem postopku izdelave kompozita. Nastala poroznost ulitka je posledica uvajanja delcev SiC v toku argona, ki ga je mešalo zajelo med mešanjem.

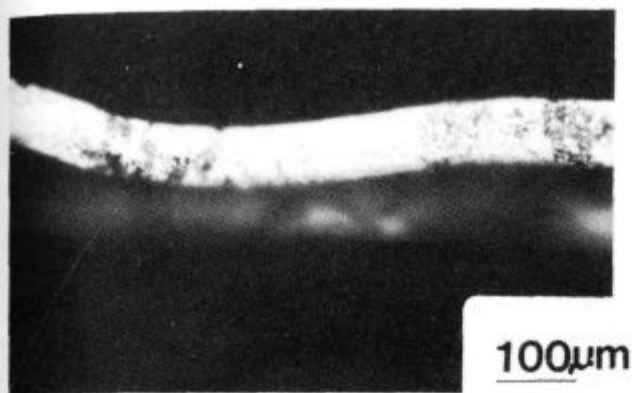
Razlika med "Compocast" kompozitom in kompozitom izdelanim po postopku hitrega strjevanja, je v veli-



Slika 2: Mešanje taline v testnem stanju
Figure 2: Melt stirring in the semi-solid state



Slika 3: Metalografski posnetki mikrostrukture "Compocast" kompozita SiC/Al-Fe
Figure 3: Microstructure of the compocast composites SiC/Al-Fe



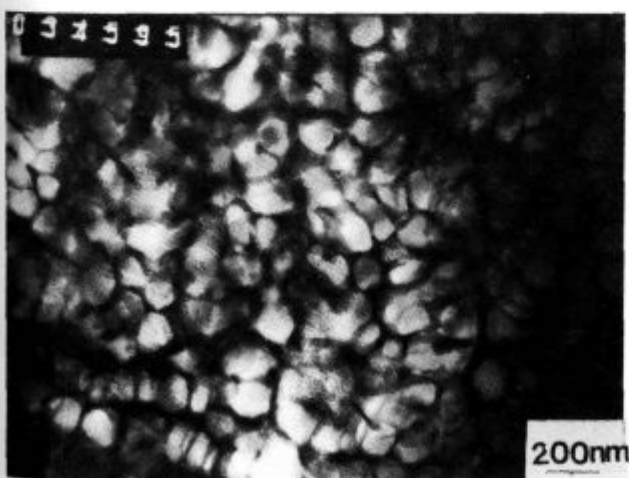
Slika 4: Metalografski posnetek mikrostrukture hitro strjenega kompozita

Figure 4: Optical micrograph representation of the microstructure of SiC/Al-Fe composite ribbon

kosti izločenih faz, velikosti kristalnih zrn in porazdelitvi delcev SiC (**slika 3 in 4**). Matica hitro strjenega kompozita je iz zlitine aluminija z visoko koncentracijo železa. Neraztopljene trde intermetalne faze so enakomerno porazdeljene po osnovi. Na **sliki 4** je porazdelitev delcev SiC po debelini in dolžini traku izrazito neenakomerna, kar je posledica segregacije in aglomeracije delcev SiC v talini. Do tega pride pri ponovnem pretaljevanju "Compocast" kompozita. Problemi pretaljevanja so zaradi stabilnosti SiC v talini, izločanju delcev in v viskoznosti. Izločanje delcev je zaradi razlik v gostoti med matico in delci. Aglomeracijo in izločanje delcev SiC bi preprečili tako, da bi pri pretaljevanju talino ponovno premešavali.

Pri izdelavi "Compocast" kompozita so hitrosti strjevanja majhne glede na hitrost strjevanja pri postopku izdelave kompozita z vlivanjem na hladilni kolut, zato se iz taline izločajo grobe faze. Vidne so na **sliki 3**.

Pri postopku izdelave kompozitnih trakov so hitrosti strjevanja velike, masni tok topjenca je omejen. Pojavijo se kali faze, bogate z aluminijem. Nastale kali rastejo v talini, presežna vrednost taljenca pa tvori stene celic. Analiza sestave sten celic kaže na obstoj neravnovesnih



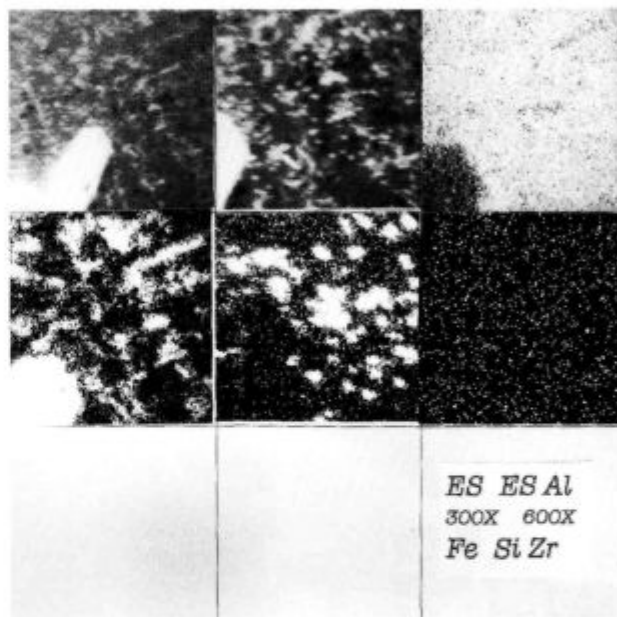
Slika 5: TEM posnetek hitro strjenega kompozita

Figure 5: TEM micrograph of the composite ribbon

faz, bogatih z železom⁶, ki so vidne le na TEM (**slika 5**). Pri pripravi tankih folij za TEM lahko delci SiC izpadejo.

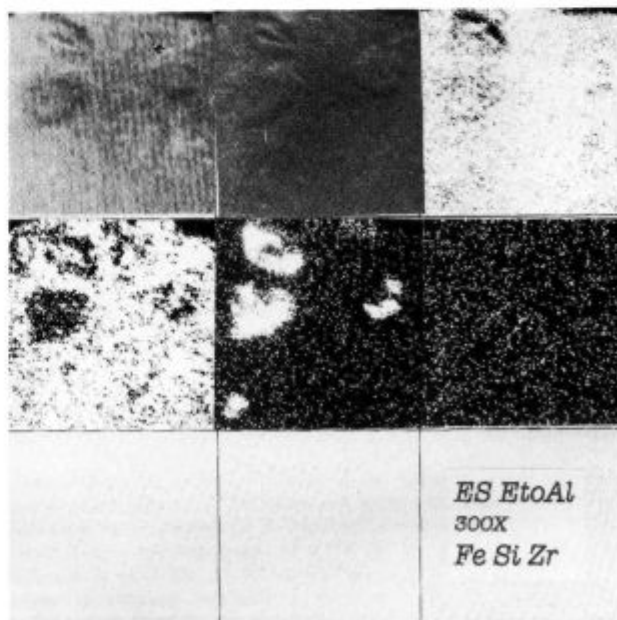
Pri obeh kompozitih nismo opazili izločanja topjenca Fe okoli delcev SiC. Pri strjevanju kompozita delci SiC ne nastopajo kot nukleacijska mesta, ampak so ujeti v črto strjevanja.

Porazdelitev elementov v mikrostrukturi "Compocast" kompozita je na **sliki 6a**, hitro strjenega kompozita pa na **sliki 6b**. Porazdelitev elementov je na **sliki 6a** neenakomerna, kar potrjuje pričakovan pojav izločanja



Slika 6a: Porazdelitev posameznih elementov po preseku "Compocast" kompozita

Figure 6a: Electron microprobe analysis of the compocast composite



Slika 6b: Porazdelitev posameznih elementov po preseku hitro strjenega kompozita

Figure 6b: Electron microprobe analysis of the rapidly solidified composite

faze med strjevanjem. Porazdelitev je enakomernejša na **sliki 6b**, razen na mestih, kjer so skupki delcev SiC.

4 Sklepi

Izdelava kompozita SiC/Al - Fe po postopku "Compocasting" je kljub neomočljivosti delcev v talini mogoča. Porazdelitev SiC delcev v matici je pri uporabljenem mešalu odvisna od hitrosti mešanja.

Izdelava kompozita po metodi hitrega strjevanja na vrtečem se kolutu s predhodno pripravo "Compocast" kompozita je smiselna le v primeru, ko talino mešamo pred in med litjem na vrteči se kolut.

Dobra lastnost dodajanja delcev SiC v toku argona je v tem, da argon čisti talino, slabost pa v tem, da povzroča poroznost in preprečuje zadovoljivo vmešavanje delcev SiC. Zato bi morali prostor nad talino po vnosu SiC vakuumirati.

Pri izdelavi kompozita nismo opazili, da bi bili delci nukleacijska mesta. Analiza z elektronskim mikronalizadorjem je pokazala, da na meji matice in delcev SiC ne potekajo reakcije.

5 Literatura

- ¹ R. Mehrabian, R. G. Riek, M. C. Flemings: Preparation and Casting of Metal - Particulate Non-Metal Composites, *Metalurgical Transactions*, 1974, 1989-1905
- ² D. O. Kennedy: SiC Particles Beef Up Investment - Cast Aluminium, *Advanced Materials & Processes*, 1991, 42-46
- ³ Howard H. Lieberman: Rapidly Solidified Alloys, Marcel Dekker INC, 1993
- ⁴ A. C. Ferro and B. Derby: Wetting Behaviour in the Al-Si/SiC System, *Acta metall. mater.*, 1995, 3061-3073
- ⁵ H. Kaufmann, E. Neuwirth: Giesstechnologische Untersuchungen an der SiC - teilchenverstärkten Legierung vom Typ AlSiMg, *Giesserei-Rundschau*, 1991, 8
- ⁶ M. Bizjak, L. Kosec, A. Smolej: Izdelava zlitin z veliko koncentracijo železa po postopku hitrega strjevanja, *Kovine, zlitine, tehnologije*, 1993, 115-118