

УЯКЧАВАЩИ ДОБАВКИ В КОМПОЗИЦИОННИ МАТЕРИАЛИ НА АЛУМИНИЕВА ОСНОВА

Анна Бузекова – Пенкова, Аделина Митева

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: a_bouzekova@abv.bg; ad.miteva@gmail.com*

Ключови думи: *Алуминиеви (Al) сплави, уякчаващи добавки, силициев карбид (SiC), нанодиаманти (ND), метални композити*

Резюме: *В днешно време наноструктурираните метали, сплави и композитни материали са обект на засилен интерес. Това се дължи най-вече на техните настоящи и потенциални приложения в различни сфери на промишлеността и бита. В тази статия ние правим преглед на основните съществуващи добавки, отговорни за уякчаването на алуминия и алуминиевите сплави. Възможни бъдещи изследвания се разглеждат.*

REINFORCING ADDITIVES IN ALUMINIUM BASED COMPOSITE MATERIALS

Anna Bouzekova – Penkova, Adelina Miteva

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: a_bouzekova@abv.bg; ad.miteva@gmail.com*

Keywords: *Aluminium (Al) alloys, reinforcing additives, silicon carbide (SiC), nanodiamonds (ND), metal matrix composites*

Abstract: *Nowadays nanostructured metals, alloys and composites are the subject of great interest. This is mainly due to their actual and potential applications in various fields of industry and everyday life. In this paper we review the main existing reinforcements responsible for strengthening of aluminium and aluminium alloys. Possible future extensions of this study are considered.*

Въведение

В днешно време наноструктурираните метали, сплави и композитни материали са обект на засилен интерес. Това се дължи най-вече на техните настоящи и потенциални приложения в различни сфери на промишлеността и бита. В тази статия ние правим преглед на основните съществуващи, т.е. използвани на практика добавки, отговорни за модифициране на свойствата, в частност уякчаването на алуминия, алуминиевите сплави и композити на алуминиева основа.

Идеята или мотивацията ни е: на първо място актуалността на темата. Трудно е да си представим кой друг конструкционен материал може успешно да се конкурира с алуминия. Не случайно алуминият заема лидерско място в такива направления на техниката като авиация, ракетостроене, атомна промишленост. Алуминиевите сплави са безалтернативни в авиацията. На второ място - опита в нашето направление [1,2], натрупан през годините, започнал още с полета на втория космонавт. И на трето. не по малко важно място. с какво се занимават другите научно-изследователски групи, работещи в нашата област; до какви резултати са стигнали. Да систематизираме постигнатите резултати в използването на различни видове добавки (уякчители).

Металните композити на алуминиева основа се състоят от алуминиева матрица/основа и добавки (наричани още: уякчители, уякчаващи добавки, армиращи добавки). В литературата има достатъчно данни за използването на различни добавки [1-9]. Като добавки могат да се

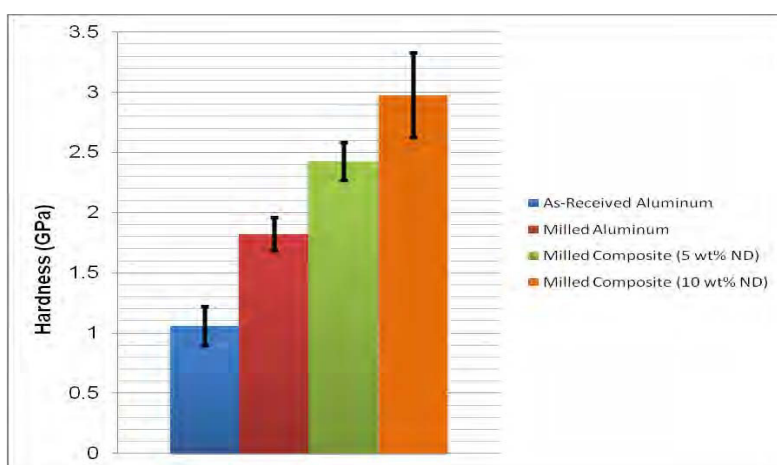
използват и се използват различни вещества, като: графитни частици, нанодиаменти, SiC, диаманти и SiC, TiC, Al₂O₃, ZrO₂, покрити с молибден нанотръбички и др.

Ние ще разгледаме тук само основните: нанодиамент, диамант и силициев карбид.

1. Примери за добавки от нанодиамент и диамант

1.1. Първата група която ще разгледаме е от Монтерей, Калифорния [3]. Тя се занимава със синтез и характеризирание на алуминий и нанодиаментни композитни прахове.

Алуминиева метална матрица и композитни прахове с 5 тегловни процента (%) и 10 тегловни % нанодиаменти са синтезирани чрез смилане на смесени прахове от компонентите в топкова мелница. Стеаринова киселина се използва като средство за контрол на процеса, за да се сведе до минимум агломерирането на праха при смилане. Равномерно разпределение на армировката от нанодиамент е успешно получено след смилането на праховете за период от десет часа в топкова мелница. Съставът и свойствата на композита алуминий - нанодиамент са изследвани с помощта на дисперсна спектрометрия, картографиране, сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгенова дифракция (XRD), оптичен микроскоп, и техники за измерване на микротвърдост. Например (фиг.1) с нарастването на концентрацията на нанодиаманта в алуминиевия композит, твърдостта на металния композит също расте.



Фиг. 1. Резултати за микротвърдост след 10 часа смилане в топкова мелница. С нарастване на концентрацията на нанодиаманта, микротвърдостта расте [3]

1.2. Втората група е от Русия [4]. В [4], композитни образци от алуминиева сплав В95 подсилени с наночастици от синтетичен диамант са получени чрез директно топене на началната сплав В95 при ~ 700 °С, добавяйки нанодиаменти на прах в стопилката. Рентгеновият анализ, ТЕМ, Raman спектроскопия, оптична микроскопия, сканиращо - сондова микроскопия, микротвърдост и наноинденторни измервания се използват за изучаване на структурните и механични свойства на масивните образци. Ултразвуков метод е приложен за изучаване на линейните и нелинейни еластични свойства на получените образци. Те правят сравнение на експерименталните данни за сплавта В95, подсилена с нанодиаменти, с данните за чиста, без примеси, В95-сплав. Изводите им са, че механичните характеристики на сплавта с добавен нанодиамент, са по-добри от тези на чистата В95-сплав.

Съставът на изследвания в [4] композит, се различава от състава на изследвания при нас алуминиев композит по това, че нашият съдържа допълнително W.

1.3. Третата разгледана група също е руска [5]. В работата се изследват линейните и нелинейни еластични свойства на алуминиева сплав-нанодиаментен композит. Нелинейните свойства на конструкционните материали са съзависими, корелират с якостните им характеристики. Разглеждат четири компонентната (Al-Zn-Mg-Cu) алуминиева сплав В95 и композит В95 с диамантени наночастици, синтезирани чрез детонация, като армираща добавка. Правят сравнение на независимите еластични константи от втори и трети порядък на алуминиевата сплав В95 и композита В95 с нанодиаменти което показва, че в рамките на експерименталната грешка, те съвпадат.

1.4. Четвъртата група е Швейцарска и се занимава с алуминиево-диамантени композитни материали [6]. Разглеждат микроструктура, морфология и повърхностни

характеристики на композити на база алуминий, подсилен с микро- и наноразмерни диамантени частици. Проучени са с методите на трансмисионен електронен микроскоп (ТЕМ) и Раман спектроскопия.

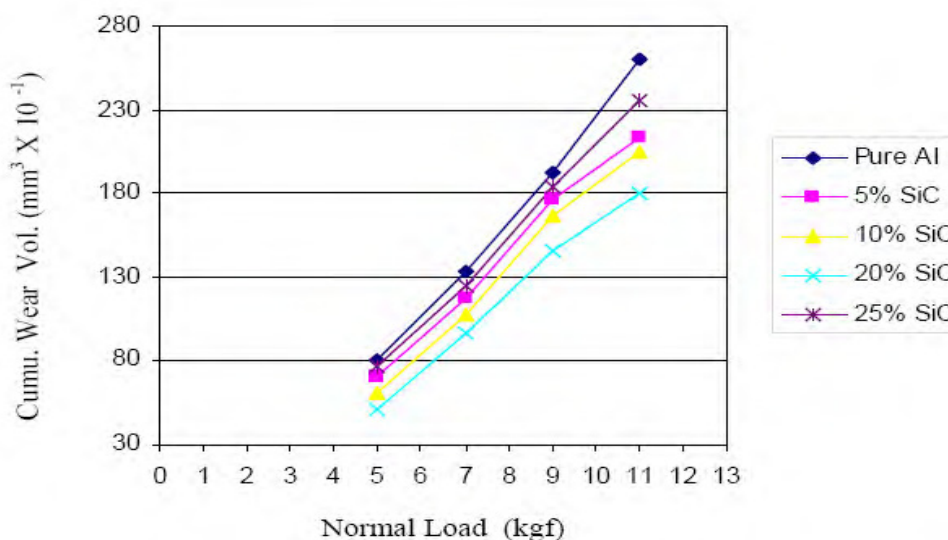
Изводите които правят са, че в алуминиевия композит диамантените частици с микро-размери са хомогенно разпръснати и добре свързани в алуминиевата матрица. Диамантът, който е частици с нано размери, се появява главно като големи агломерати в алуминиевата матрица, макар индивидуално наноразмерни диаманти да са открити също и диспергирани в матрицата алуминий. Интерфейсът алуминий-диамант обикновено е чист, т.е. лишен от реакционните продукти. Въпреки това, повърхностен аморфен неподреден въглероден слой от време на време се наблюдава, а и в състава на композитите с наноразмерни диаманти се формира случайно алуминиев карбид (Al_4C_3).

2. Примери за добавки от силициев карбид (SiC)

2.1. Група от Индия, която разглежда износоустойчивост на Al-SiC композити [7]. Al-SiC композитни материали, съдържащи четири различни тегловни проценти, 5%, 10%, 20% и 25% от SiC са произведени по метода на течната металургия. Характеристиките на триене и износване на Al-SiC композитни материали са били изследвани при условията на сухо плъзгане и се сравняват с тези, наблюдава в чист алуминий.

Установили са, че степента на износване намалява линейно с увеличаване на тегловната фракция на силициевия карбид SiC и средният коефициент на триене намалява линейно с увеличаване на нормалното натоварване и с увеличаване на процентната част на SiC. Най-добри резултати са получени при 20 тегловни процента фракция от SiC частици за минимално износване.

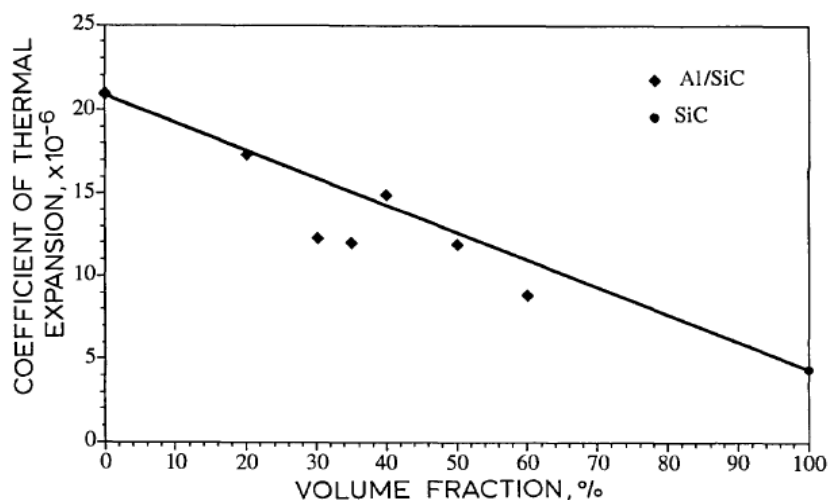
Например на фиг. 2 са показани вариациите на общия обем на износването при нормално приложени натоварвания. Загубата на обема се увеличава с увеличаване на нормалните натоварвания. Загубата на обема е максимална за чист алуминий и след това намалява с увеличаването на процента (%) на SiC до 20%. Отново тази тенденция се променя за 25% съдържание на SiC, поради нееднаквото смесване.



Фиг. 2. Изменение на общия обем загуби от натоварването на Al композит в зависимост от концентрацията на SiC [7]

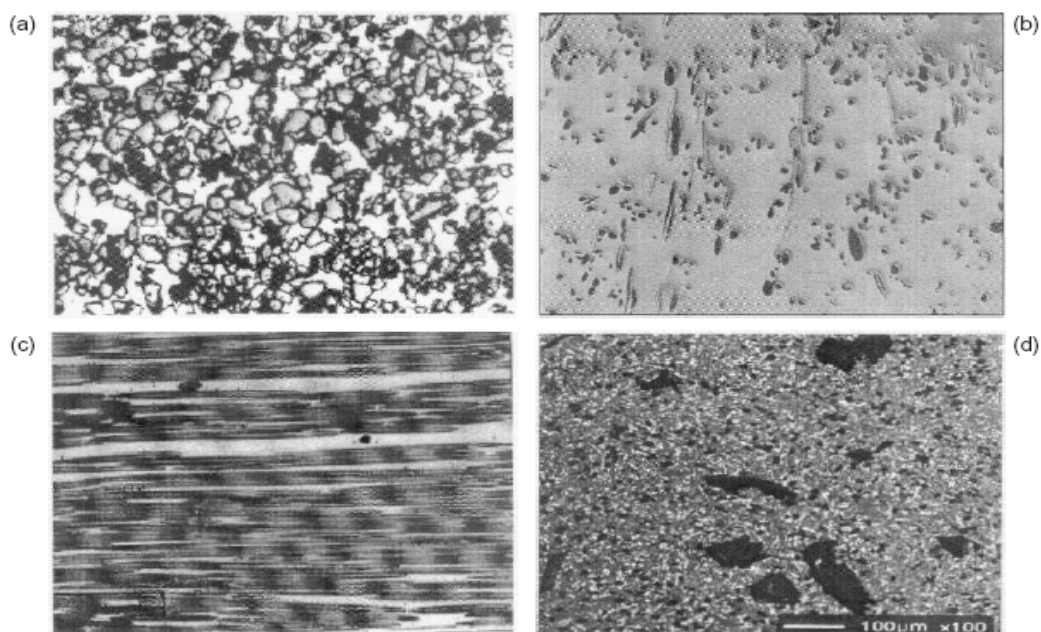
2.2. Втората група се занимава с композити на алуминиева основа, армирани с частици SiC [8]. Изводът, който те правят е, че добавянето на SiC частици към алуминиевите сплави може да намали коефициента на термично разширение на сплавите, докато все още се поддържа топлопроводимостта еквивалентна/равна на сплавта на матрицата.

Нисък коефициент на термично разширение и висока термична проводимост са атрактивна комбинация за приложения, изискващи стабилност на размерите.



Фиг. 3. Вариация на коефициента на термично разширение с обемната фракция на SiC в различни алуминиеви матрици [8]

2.3. Третата група, която разглеждаме е от Индия [9]. Те се занимават с композити на алуминиева основа, армирани с частици SiC, Al₂O₃ и нишки/влакна от чист алуминий. Механичните свойства на алуминиевия композит с високо съдържание на SiC частици (фиг. 4а), са ниски в сравнение с алуминиевите композити, армирани с нишки / къси влакна или с непрекъснато фибриране (съответно фиг. 4 – b, c, d); но са далеч по-добри в сравнение с неармираните алуминиеви сплави.



Фиг. 4. Микроструктури [9] на:

- (a) алуминиев композит с висока фракция на обемно съдържание от SiC частици (40 обемни%),
- (b) къси влакна от алуминий за подсилване на алуминиевия композит ,
- (c) непрекъснато фибриран с Al нишки алуминиев композиционен материал,
- (d) хибриден композит, съдържащ 10% SiC и 4% меки графитни частици за подсилване.

Изводи

Направен е кратък преглед на добавките за уякчаването на Al и неговите композити, а именно: нанодиамант, диамант и SiC. Всяка от тези разгледани добавки подобрява якостните свойства на алуминиевата матрица. В бъдеще биха могли да се разгледат нови и още

неосъществени комбинации от тези и други армиращи добавки, взети поотделно или участващи съвместно в различни съотношения.

Виждаме актуалността и важната роля на различните уякчители за подобряване на физичните и механични свойства на композитите.

Нанодиаментените частици могат да бъдат успешно въведени в алуминиеви композити и сплави, които подобряват твърдостта и здравината на сплавите.

В последните години композитите на алуминиева основа заемат първо място по високотехнологични структурни и функционални приложения. Ето защо и продължението на тази наша работа е в ход, т.е. разглеждането на всички възможни вещества за уякчители в Al матрица на композита, на алуминиева основа; сравняването им по параметри и избор на най-подходящи за космически и други приложения.

Литература:

1. Б у з е к о в а – П е н к о в а, А., Изследвания на механичните свойства на дисперсноуякчена алуминиева сплав, предназначена за открития космос, Девета научна конференция с международно участие "Космос, екология, сигурност", SES 2013, 20-22 Ноември 2013г., София, 492-496
2. M i t e v a, A., On the microstructure and mechanical properties of nanocomposites, S E S 2012, Proceedings, 2013, 220-225.
3. S n e e d, B. D., Synthesis and characterization of aluminum-nanodiamond composite powders by high – energy ball milling, Monterey, California, December, 2011.
4. P r o k h o r o v, V., V. K u l i b a b a, A. K o r o b o v, S. S t a v r e v, S. K o l e v, Preparation and microstructure, elasticity and hardness investigation of Al-Alloy/nanodiamond composite, MTM Journal, 2011, 40-42.
5. К о р о б о в, А. И., В. М. П р о х о р о в, Д. М. М е х м е д о в, Упругие постоянные второго и третьего порядков алюминиего сплава В95 и композита В95/наноелмаз, Физика твърдого тела, том 55, вып.1, 2013, 10-13.
6. K h a l i d, F. A., O. B e f f o r t, U. E. K l o t z, B. A. K e l l e r, P. G a s s e r, Microstructure and interfacial characteristics of aluminium-diamond composite materials, Diamond and related materials Vol. 13, 2004, 393-400.
7. S i n g l a, M., L. S i n g h, V. C h a w l a, Study of Wear properties of Al-SiC composites; Journal of Minerals & Characterization & Engineering, Vol. 8, № 10, 2009, 813-819.
8. L i o y d, D. J., Particle reinforced aluminium and magnesium matrix composites; International Materials Reviews, Vol.39, № 1, 1994, 1-23.
9. S u r a p p a, M K, Aluminium matrix composites: Challenges and opportunities, Sadhana, Vol. 28, Parts 1 & 2, February/April 2003, 319-334.