

Евтектични метални композитни материали на основа неръждаеми стомани за високоизносоустойчиви приложения

Светлана Бошнакова, Димитър Русев, Ирена Марковска

Eutectic metal composites from stainless steels for high wear resistant applications Metal composite materials (including composites with metal matrix - Metal-matrix composites (MMCs)) are increasingly attracting the attention of the automotive and chemical industries for their improved strength, high modulus of elasticity and high wear resistance compared to conventional metal alloys. The aim of the work is to investigate the micro hardness characteristics of a metallic composite material in order to develop a method and to get control of the mechanism of formation of stable multiphase systems and to provide a technology for obtaining directionally oriented composites with predefined properties.

Key words: β -wollastonite powder, chemical synthesis, ceramics, fractal materials, metal-matrix composites

ВЪВЕДЕНИЕ

Евтектичните метални композитни материали се характеризират със структура, която е термично стабилна почти до температурата на топенето. В сравнение с обикновените композити те имат по-висока якост, обусловена от якостта на армиращата фаза и съвършено термо-диначно и кинетично единство между двете фази. Изследванията показват, че се касае за почти евтектичен, състав при който кристализацията е насочена в определена посока (фазите са насочени по посока на кристализацията). Именно в това се състои предимството на евтектичните композитни материали – едностадийно изготвяне на армирани композити с определена структура без прилагане на сложни и трудоемки технологични операции. Така получените материали имат високо съпротивление срещу пълзене. Също така се констатира подобрена пластичност и износоустойчивост

Целта на изследването е да се овладее механизма на образуване на устойчиви многофазни системи и да се предложи технология за насочено получаване на композити с предварително зададени свойства.

МЕТОДИ И ЕКСПЕРИМЕНТ

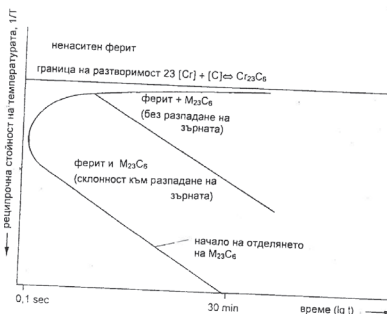
Методи. Измерване на твърдост, пълзене и еластичност – изследването на механичните свойства на материали в диапазона на няколко микрометра са направени по изискванията на Инструментален идентификационен тест за твърдост според DIN EN ISO 14577 с Fischer Instrumentation (GB) Ltd, на Lymington / Hampshire, работещ с тежест от 0,4 mN до 1000 mN и позволяващ измерване с максимална чувствителност на образци с размери в милиметровата област с грешка под 1%. С FISHERSCOPE® H100 се извършва измерване на микротвърдост по класическия метод, чрез големината на отпечатъка, като се работи в областта на микропроникването, което дава възможност за оценка на пълзенето и еластичността.

Изходни данни

Избраната феритната неръждаема стомана X2CrTi12, съгласно БДС EN 10088-4:2009 е перспективна за износоустойчиви приложения в автомобилната и химическата промишленост. Химичният състав съгласно същия стандарт е посочен в таблица 1. Съгласно фиг. 1 е схематично представена кривата на начало на отделянето на интерметалния композит в зависимост от времето:

Таблица 1 Химичен състав на X2CrTi12

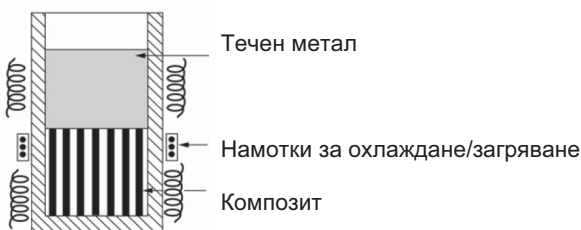
Химичен елемент	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	N
Състав %	0.03	1.00	1.00	0.04	0.015	12.3	0.64	0.025



Фиг. 1 Област на формиране на интерметалния композит като армираща фаза

Експеримент. Експериментите са правени с феритната неръждаема стомана X2CrTi1 2, която се явява непрекъснатата първична фаза или матрица, като ролята и е да приеме външните усилия от различни видове и да ги предаде на армиращата фаза, която още бива наричана прекъсната или дисперсна фаза [2]. Образците са получени след нагряване на изходния материал над точката на топене, последвана от контролирана солидификация с плосък фронт на кристализацията. Наблюдавани са влакна от интерметален карбид (на основа Cr – TiC/ или накратко метален карбид $M_{23}C_6$).

Опитна постановка Схематично представяне на процеса на получаване на евтектичният метален композит е представена на фигура 2. Използвайки техниката за *in situ* формиране се избягват сложните операции при комбиниране на отделните компоненти, което е типичен недостатък при получаването на композитни материали, като образците са получени само с една операция от стартовата стопилка с определения химичен състав. Дендритообразуването е подтиснато чрез отсъствие на конвекция в кристализиращата стопилка. Поради зонното топене се получават образци с малко сечение. В конкретния случай 1.5 до 2 мм.



фиг. 2 *In situ* получаване на метален евтектичен композит

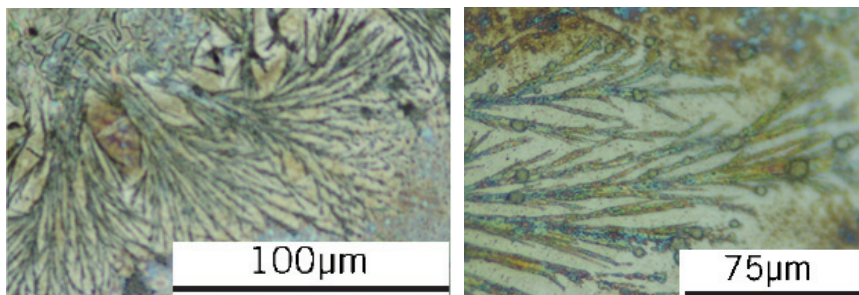
Протичане на експеримента

След стопяване на изходната сплав, следва *in situ* формиране на композита (в среда от инертен газ със състав на защитния газ 100% Ar), посредством постигането на контролираната едноосна солидификация на стопилката. Критичната за метала зона, в която се формират интерметалните карбиди е

умишлено разширена чрез задържане на температурата м/у 800 – 500 °С за около 3-5 минути, последвано от изстиване на въздух. Насочената едноосна солидификация води до разпространението на интерметалния карбид във формата на вълкна в матричната фаза. Относителният размер и отстояние на армиращата фаза може да се управлява посредством опростеното контролиране на степента на солидификация въпреки че обемната част на армиращата фаза винаги е константа. Практически кристализационната скорост е лимитирана в зоната около 0,1-0,8 мм/мин поради нуждата да се поддържа стабилен фронт за нарастване на интерметалния карбид, което изисква висок температурен градиент.

Анализ на структурата

На фигура 3 са показани наблюдаваните формираните интерметални карбиди на хромова основа, които уякчават и правят пластична стоманата.



Фиг. 3 Микроструктура на $M_{23}C_6$ формиран като армираща фаза в X2CrTi12

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Изследването на микротвърдостните параметри дават идея за цялостната картина на механичните свойства на материала, както и за неговите структурни особености. Тази особена позиция на микротвърдостта сред останалите механични свойства е вследствие от самата физична природа на тази характеристика. В действителност тя е комплексна вътрешна характеристика, зависеща от основните механични свойства на материала и в този смисъл характеризира напълно неговите еластично-пластични свойства.

Измерванията изискват технологичен подход, даващ възможност за прецизно определяне и контролиране на приложеното натоварване (в mN и nN) и на дълбочината на проникване. Този метод се основава на определяне на индентационната крива (натоварване-дълбочина на проникване) при постоянна скорост на натоварване. Основно охарактеризиране на получения *in situ* композит се получава след чрез измерване на микротвърдост, с помощта на нанотестери със или без компютърно увеличение. Тъй като полученият композит в експериментални условия е с малка дебелина $\approx 1,5$ mm, изследването на механичните характеристики се свежда до измерване на микротвърдост [6,7,8]. Настоящото измерване на микротвърдост е по метода на Викерс. Измерванията са извършени в различни точки от повърхността, при следния режим:

Начин на работа: Натоварване в точка

Индентор: Викерс

Режим на работа: Натоварване, с последващо разтоварване

Натоварваща сила: Нарастваща от 4 mN до 50 mN

Скорост: 2,6 mN/s

Брой стъпки за един цикъл: 60 стъпки през 0,766 mN

Задържане между две стъпки: 1 s

Общо време на натоварване: 60 s

Време на задържане преди старта: 2 s

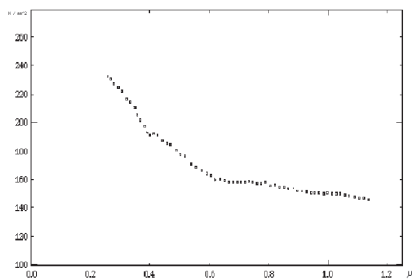
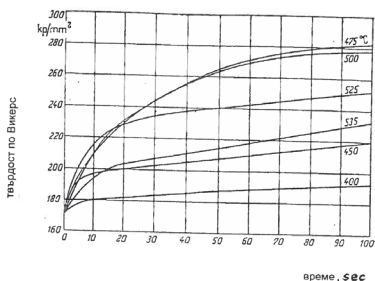
Измерени са твърдостта на образеца без прилагане на термичната обработка и твърдостта на образеца преминал обработката. Отчетени са средните стойности от извършените измервания. За точно и коректно измерване е следено, индентора на микротвърдомера да попада в централната зона на зърната, а не в междузърнестите пространства;

Измерванията са извършени с използване на индентор с формата на правилна четириъгълна пирамида с ъгъл при върха 136° , като микротвърдостта по Викерс в МРа, се определя по формула:

$$MHV = \frac{k.P}{d^2}$$

където: k е константа, определена от геометрията на пирамидата, P е приложеното натоварване върху индентора и d е средноаритметичната стойност на двата диагонала на отпечатъка.

Микротвърдостта по Викерс характеризира локалното съпротивление срещу пластична деформация. Викерсовата микротвърдост корелира с много от механичните характеристики: модул на еластичност E , граница на пластично течение и др. От друга страна, микротвърдостта е чувствителна и към някои структурни и морфологични характеристики: степен на кристалност, дебелина на образеца и неговата перфектност, твърдост на кристалната фаза, микроставанции и др



Фиг. 4 Повишаване на твърдостта на Fe-Cr – та сплав чрез термообработване при различни температури

Фиг. 5 Зависимост на разпределението на микротвърдостта от дълбочината на проникване на индикатора.

За изследване на промяната на микротвърдостта в дълбочината се използват правите на Майер. Те са логаритмична зависимост между приложеното натоварване P и размерите на диагонала на получения отпечатък d , след снемане на натоварването:

$$\lg P = \lg a + n \cdot \lg d$$

където: a и n са константи, зависещи от свойствата на изследвания материал.

Резултатите са представени на фиг. 5, на която е представена зависимостта на разпределението на микротвърдостта от дълбочината на проникване на индикатора. От фигурата се вижда, че измерените стойности на микротвърдост в зоните на формиран евтектичен метален композит от 0,2 до 0,4 μm , надвишават значително

стойностите на твърдостта на основния слой стомана разположен на дълбочина от 0,5 до 1,2 μm . Тава показва, че в тази зона имаме формиран слой с евтектичен метален композит с якост на армиращата фаза от 1,5 пъти по-голяма от основния слой материал. Плавността на разпределение на кривата и липсата на пикови стойности на твърдостта показва, че евтектичен метален композит е свързан и съвършено термо-динамично и кинетично единство с основната фаза.

ИЗВОДИ

От направените изследвания на микротвърдостта могат да се направят следните изводи:

- Предложен е технологичния режим за получаване на евтектичен метален композит на база X2CrTi12 стомана;
- Изследвани са микротвърдостните характеристики на метален композитен материал с цел да се разработи методика и да се овладее механизма на образуване на устойчиви многофазни системи;
- Измерването на микротвърдостта е извършено с помощта на ултра-ниско натоварвана динамична система за микро отстъп, позволяваща бързо и лесно автоматизирано тестване на микротвърдост и други физични свойства, без влияние на субективния фактор. За точно и коректно измерване е следено, индентора на микротвърдомера да попада в централната зона на зърната, а не в междузърнестите пространства;
- Измерените стойности на микротвърдост в зоните на формиран евтектичен метален композит, надвишават значително стойностите на твърдостта на X2CrTi1 стоманата

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бояджиева Хр., Композитни материали, ХМТУ, София, 2000 стр. 3-35
- [2] Атанасов А., Турманова С., Кирякова Д., Композитни материали, У-тет „Проф. Д-р А. Златаров“, Бургас, 2013
- [3] Ishai O., Daniel I., Engineering Mechanics of Composite Materials, Oxford University Press, 1994, стр. 19
- [4] Jackson M.R., M.F.X. Gigliotti, S.W. Yang and J.L. Walter, Monocarbide Characterization In Nickel-Base Mc Aligned Eutectics. MRS Proceedings, 1981, 12, 155
- [5] Watts A., Commercial Opportunities for Advanced Composites ASTM SPT 704, 1980, p. 85-86
- [6] Станев Л.М., Йотов А.А., Сравнително изследване на поведението при сухо и абразивно триене и износване на бутална алуминиева сплав, усилена с къси керамични влакна, NDT days 2012, брой 133, стр.200-203
- [7] Evans A., C.S. Marchi, and A. Mortensen, Metal Matrix Composites in Industry, Kluwer Academic Pub., Dordrecht, 2003, p. 150
- [8] Chawla K.K., Composite Materials: Science & Engineering, 2nd edition Springer-Verlag, New York, 1998, p.210-235

За контакти:

Докторант Светлана Бошнакова, университет „Проф. Д-р Асен Златаров“, катедра ТВНВС, ул. „К. Якимов“ №1, Бургас 8010, e-mail: sv.boshnakova@gmail.com
доц. д-р И. Марковска, университет „Проф. Д-р Асен Златаров“, катедра ТВНВС, ул. „К. Якимов“ №1, Бургас 8010, e-mail: imarkovska@btu.bg

Докладът е рецензиран