

ПОКРАЩЕННЯ СРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ МАГНІЄВИХ СПЛАВІВ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Досліджено вплив алюмінію на утворення зміцнювальної фази магнієвих сплавів та встановлено регресійну залежність розміру мікрозерен та відстані між осями дендритів 2го порядку від вмісту алюмінію.

Ключові слова: магнієвий сплав, легування, алюміній, зміцнювальна фаза, мікрозерно, інтерметаліди, механічні властивості.

Магній є дуже привабливим біорозчинним матеріалом для використання в остеосинтезі. Його механічні і фізичні властивості максимально близькі до властивостей кісток, що робить його надзвичайно перспективним для розробки на його основі матеріалів для остеосинтезу.

Проте довготривала дія біологічно активного середовища суттєво знижує властивості імплантів виготовлених з магнію. Через це зростає ризик невдалої консолідації кісткової тканини. Тому забезпечення підвищених фізико-механічних і спеціальних властивостей виливок з магнієвих сплавів є актуальною задачею [1].

Покращення властивостей виливків з магнієвих сплавів досягається при легуванні за рахунок оптимального поєднання різноманітних механізмів зміцнення [2]. Перш за все це – утворення твердих розчинів з цілеспрямованим зміцненням кристалічної ґратки розчинника атомами елементів, що розчинюються. Важливу роль відіграють перешкоди, що гальмують рух: субмікроскопічні виділення фаз, що виникають в процесі взаємодії елементів сплаву з елементами, що вводяться [3].

Дешевим і доступним елементом для легування магнієвих сплавів є алюміній, котрий не тільки утворює твердий розчин у магнії, але й може брати участь в утворенні зміцнювальних інтерметалідних фаз [4]. Тому вивчення впливу алюмінію на структуру і властивості магнієвих сплавів представляє як теоретичний, так і практичний інтерес.

Досліджували вплив алюмінію на структуроутворення, механічні властивості магнієвих сплавів.

Плавки проводили в індукційній тигельній печі ППМ-500. В якості шихтових матеріалів використовували технічно чистий магній МГ 90 (99,9 % Mg) і алюміній первинний А5 (99,6 % Al). Після розплавлення магнію в нього вводили зростаючі присадки алюмінію (0; 0,1; 1,0; 8,0; 10,0 % Al – за розрахунком) і заливали у пісчано-глинисті форми для отримання стандартних зразків с робочим діаметром 12 мм. Зразки для механічних випробувань проходили термічну обробку в печах типу Бельвю и ПАП-4М за режимом: (гомогенізація при температурі 415°C (витримка 24 години), охолодження на повітрі + старіння при температурі 215°C (витримка 10 години), охолодження на повітрі).

Границя міцності і відносне видовження зразків визначали на розривній машині Р5 при кімнатній температурі.

Мікроструктуру виливків визначали методом світлової мікроскопії («Neophot 32») на термічно оброблених зразках після травлення реактивом, що складається з 1% азотної кислоти, 20% оцетної кислоти, 19 % дистильованої води, 60 % етиленгліколя.

Макрофрактографічне дослідження зламів литих зразків із чистого магнію показало наявність в структурі грубої крупнокристалічної будови. З підвищенням вмісту алюмінію в сплаві структура помітно подрібнилась.

Збільшення вмісту алюмінію в магнії сприяло утворенню інтерметалідної фази. До того ж, з підвищенням концентрації алюмінію в сплаві кількість інтерметалідних часток збільшувалась,

а розмір мікрзерна зменшувався. В сплавах, що містили 7,7 % Al і більше, крім одиничних інтерметалідів, була присутня евтектика $\delta+\gamma$.

Регресійний аналіз отриманих результатів дозволив отримати емпіричні рівняння залежностей, що описують залежності розміру мікрзерна (1) та відстані між осями дендритів 2го порядку (2) від концентрації алюмінію в магнії:

$$d = 274,7945 - 14,0560 * [Al], \text{ мкм} \quad (1)$$

$$\tau = 39,2679 - 1,8285 * [Al], \text{ мкм} \quad (2)$$

де d – розмір мікрзерна сплаву

τ – відстань між осями дендритів 2го порядку

Стандартна термообробка майже не вплинула на мікротвердість чистого магнію і сплаву з 0,12 % Al. Подальше підвищення вмісту алюмінію сприяло збільшенню мікротвердості матриці.

Збільшення вмісту алюмінію в сплавах магнію, як до, так і після їх термічної обробки, сприяло підвищенню механічних властивостей. При цьому, границя міцності помітно зростає при незначному покращенню пластичності. Максимальні значення пластичності сплаву досягалися при вмісті алюмінію в сплаві 7,7%. Подальше збільшення його вмісту сприяло деякому зменшенню пластичності.

Таким чином, легування магнієвих сплавів алюмінієм є перспективним для покращення структури і підвищення механічних властивостей, а також збільшення строку роботи в умовах біоактивного середовища. Це дозволяє розширити область використання магнієвих сплавів в медичній галузі, а саме в сфері остеосинтезу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шаломєєв В.А. Структура та властивості магнієвого сплаву МЛ5 з легкоплавкими металами / В.А. Шаломєєв, Е.І. Цивірко, Ю.О. Зеленик / Вісник двигунобудування. - 2014. -№ 1. -С. 131-135
2. Fei Chen. Structure and Properties of MAO Coating Prepared on Mg-Li Alloy / Fei Chen, Yulin Zhang, You Zhang / International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE.- 2017.-№ 12.- P. 6081-6091.
3. Jingfeng Wang. Optimization of mechanical and damping properties of Mg-0.6Zr alloy by different extrusion processing / Jingfeng Wang, Zhongshan Wu, Shan Gao / Journal of Magnesium and Alloys.- 2015.- № 3(1).- P. 79-85
4. Kai Wen. Effect of microstructure evolution on mechanical property of extruded Mg-12Gd-2Er-1Zn-0.6Zr alloys / Kai Wen, Ke Liu, Zhaohui Wang / Journal of Magnesium and Alloys.- 2015.- № 3(1).- P. 1-94

Шаломєєв Вадим Анатолійович доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», Національний університет «Запорізька політехніка», місто Запоріжжя, shalomeev@radiocom.net.ua

Лук'яненко Олександр Сергійович аспірант кафедри «Фізичного матеріалознавства», Національний університет «Запорізька політехніка», місто Запоріжжя, saneklukyanenko@gmail.com.

IMPROVEMENT OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF MAGNESIUM ALLOYS FOR MEDICAL PURPOSE

Abstract

The influence of aluminum on the formation of the hardening phase of magnesium alloys was studied and the regression dependence of the micrograin size and the distance between the axes of dendrites of the 2nd order on the aluminum content was established.

Keywords: magnesium alloy, alloying, aluminum, hardening phase, micrograin, intermetallics, mechanical properties.

Shalomeev Vadym doctor of technical sciences, professor, head of the department «Descriptive geometry, engineering and computer graphics», «Zaporizhzhya polytechnic» National University, Zaporizhia, shalomeev@radiocom.net.ua

Lukianenko Oleksandr graduate student of the department of «Physical materials science», «Zaporizhzhya polytechnic» National University, Zaporizhia, saneklukyanenko@gmail.com.