

Білий Р. Ю.¹, Єфанов В. С.¹, Лаптева Г. М.², Овчинников О. О.¹
(¹УДУНТ, м. Дніпро; ²НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя)
БІОСУМІСТНІ СПЛАВИ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ІМПЛАНТАТІВ
E-mail: lszoj88@gmail.com

В останні десятиліття значна увага приділяється розробці та дослідженню нових матеріалів для медичної індустрії, особливо у галузі створення імплантатів. Сучасні імплантати вимагають використання матеріалів, які не тільки володіють високою біохімічною сумісністю та міцністю але і спеціальними функціональними властивостями, такими як пам'ять форми, низький модуль пружності та ін. Один з домінуючих критеріїв застосування металів медичного призначення – критерій приживаності в організмі людини імплантів, що виготовлені з таких металів.

На перший час велика увага приділялася промисловим титановим сплавам, типу Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb. Але доволі швидко проявилися негативні моменти – сплави на основі титану мають більшу жорсткість (модуль Юнга, 110-120 ГПа), перевищуючи значення жорсткості кістки (20-30 ГПа) [1]. Крім того, ці сплави вивільняють токсичні іони ванадію та алюмінію в організм людини, що призводить до довгострокових процесів відновлення життєвих функцій організму.

В даний час, дослідження в галузі створення металевих біоматеріалів сфокусовані на нових варіантах сплаву титану і цирконію, які позбавлені токсичних елементів та мають значно нижчий модуль пружності (40-80 ГПа). Сформульовані вимоги до заготовки зі сплаву Zr-Nb-Ti:

– хімічний склад:

Zr, ат.% $51 \pm 1,5$ (59,57 % мас.);

Ti, ат.% $31 \pm 1,5$ (19,02 % мас.);

Nb, ат.% $18 \pm 1,5$ (21,41 % мас.);

– механічні властивості:

σ_B , МПа >700;

E, ГПа нижче 57 (< 60 ГПа = 2*E (де E=30 ГПа - жорсткості людської кістки));

Для шихтування використані матеріали (рис. 1), характеристики яких наведені у табл. 1.

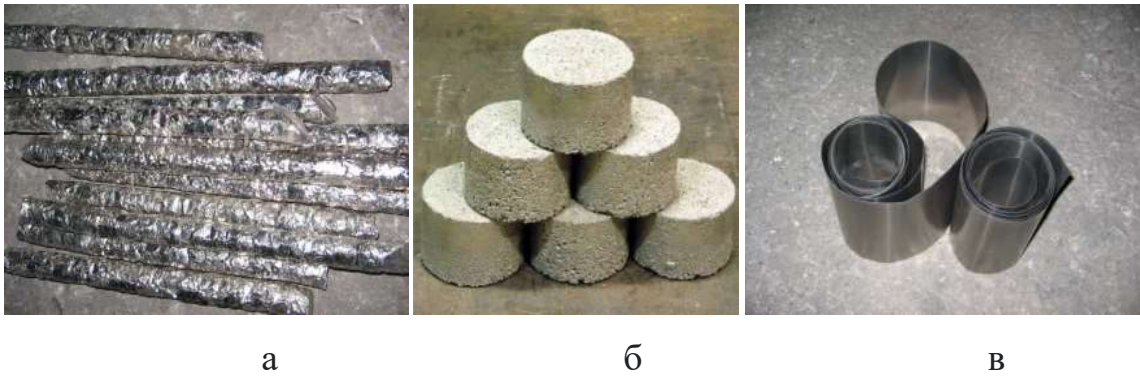


Рис. 1. Вигляд матеріалів шихтування: а – цирконій йодидний ТУ 95.46-82, прутки; б –титан губчастий марки ТГ-90 ДСТУ 3079-95, брикети; в – ніобій НБШ-1 ГОСТ 16100-79, лист

Таблиця 1 – Хімічний склад шихтових матеріалів, що застосовувалися для отримання сплаву, % мас.

Марка	Основа	Масова частка, не більше							
		Ti	Fe	Si	Ni	C	Cl	N	O
ТГ-90 ДСТУ 3079-95	титан	-	0,04	0,01	0,03	0,01	0,07	0,01	0,03
НБШ 1 ГОСТ 16100-79	ніобій	0,04	0,08	0,01	-	0,05	-	0,04	0,03
цирконій йодидний ТУ 95.46-82	цирконій	0,003	0,003	0,004	0,008	0,004	-	0,001	0,04

Отримані в кристалізаторі зливки після завершення плавки, охолоджувалися в умовах вакууму в камері плавки. Вивантаження зливок проводилося після охолодження та розвакуування (рис. 2).

Вміст легуючих елементів в зливках одержаних сплавів визначався методом індуктивно-зв'язаної плазми – застосовані засоби оптичної емісійної спектроскопії (ICP-OES) з використанням ICP-спектрометрі ICAP 6500 DUO (рис. 3).



Рис. 2. Зливков Ø 110 мм (сплав 60Zr20Ti20Nb)



Рис. 3. Фото ICP-спектрометр ICAP 6500 DUO

Вміст елементів в зливках (табл. 2) визначався по результатам вимірювань декількох зразків (маса проби від 20 до 30 г) взятих уздовж всього перерізу в трьох місцях: верх зливка, середина зливка, центр зливка – з верхньої і нижньої частин зливка проби відбиралися на відстані 30-50 мм від його торців (для виключення впливу нестационарних режимів плавки с початку та при завершенні процесу плавки).

Лабораторні досліді показують, що пруткова заготівка з дослідного β -Zr сплаву складу Zr-Nb-Ti має модуль пружності $E = 28-29$ ГПа, що в 4 рази нижче ніж у сплаву ВТ6 ($E=110-115$ ГПа) та близька до значення модуля пружності людської кістки ($E = 30$ ГПа) [1]. Це дає підставу говорити про підвищення біосумісності. У той же час, опір до навантажень відповідає аналогічному сплаву ВТ6, що підтверджує рівень механічних властивостей цирконієвих сплавів.

Таблиця 2 – Хімічний склад зливка ЕПП Ø 110 мм (сплав 60Zr20Ti20Nb)

№ зразка	Масова частка, %				
	Zr	Ti	Nb	O	Інші
1	57,5	19,6	22,4	0,053	<0,6
2	58,7	18,3	22,4	-	
3	60,7	18,2	20,9	-	
4	58,9	19,7	20,8	-	
Середнє значення	58,9	18,9	21,6	0,053	<0,6

Література

1. Пат. 102455 Україна, МПК (2013.01) A61L 27/00, A61F 2/02 (2006.01), C22C 16/00, B82B 3/00. Біосумісний сплав із низьким модулем пружності на основі системи цирконій-титан (варіанти) / Івасишин О.М., Скиба І.О., Карасевська О.П., Марковський П.Є.; заявник і патентовласник Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України. – № а201115314, заявл. 26.12.2011; опубл. 10.07.2013, Бюл. №13. - 8 с.

Бірюкович Л. О., Соловйова Т. О.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ)

**ВИКЛИКИ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІН З
КРИСТАЛОГРАФІЇ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ**

E-mail: linabiruk@ukr.net

У статті розглянуто основні виклики, що виникли у процесі організації дистанційного викладання дисциплін з кристалографії, серед яких виділяються: потреба в ефективній візуалізації кристалічних многогранників та кристалічних структур; створення інтерактивних завдань та адаптації методичного супроводу до онлайн-формату. Проаналізовано досвід впровадження доступного програмного забезпечення *JCrystal* та *CrysX-3D Viewer* для візуалізації кристалічних многогранників та ґраток, а також застосування середовища *Google Class Room* та його інструментів для організації навчального процесу. Окрему увагу приділено розробці завдань, як інструменту системного вивчення симетрії та формування