

Модифікування сплаву обома видами лігатур розширює технологічні межі DTM: збільшується розмір зони утворення глобулярної структури по перерізу відливки (край-середина-центр). Застосування лігатури AlTi5, отриманої методом швидкого охолодження, підвищує верхню температурну межу отримання глобулярної структури α -фази до 660 °С (рис. 1 в), тоді як при використанні лігатури Al5Ti1B гранична температура заливки нижча – 630 °С. Це підтверджує більш високу ефективність лігатури, отриманої методом швидкісного охолодження.

Використання методу швидкого охолодження при виробництві лігатури AlTi5 дозволяє замінити нею більш дорогую лігатуру AlTi5B1.

Білий Р. Ю.¹, Єфанов В. С.¹, Лаптева Г. М.², Овчинников О. О.¹
(¹УДУНТ, м. Дніпро; ²НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя)
РОЗРОБКА ПРОМИСЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ СПЛАВУ
Zr-Nb-Ti З НАСТУПНИМИ ДЕФОРМАЦІЙНОЮ ТА ТЕРМІЧНОЮ
ОБРОБКАМИ
E-mail:lszoy88@gmail.com

Науково-дослідні роботи по технології отримання низькомодульних ZrNbTi сплавів в промислових об'ємах та умовах виконано з метою відпрацювання технологічних режимів для промислових умов отримання зливок сплаву на основі системи Zr-Nb-Ti методом електронно-променевої плавки (ЕПП).

Робота виконана в об'ємі визначення складу шихти, розробки технологічно регламенту та його відпрацювання на електронно-променевій установці. Для забезпечення роботи було виконано модернізацію електронно-променевої установці УЕ-208М оснащеної 3 електронно-променевими гарматами (рис. 1) [1].

Установка дозволяє отримувати зливки діаметром до 300 мм та довжиною 1700 мм. Встановлена електрична потужність установки 960 кВт*А. Робочий вакуум в камері плавки становить $6,6 \cdot 10^{-2}$ Па ($\sim 0,5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.).

Виплавка зливок виконується в послідовності операцій:

1. Розрахунок шихти з урахуванням випарювання металу.

2. Підготовка (чищення камери плавки та плити гармат, чистка проміжної ємності та кристалізатора, чистка піддону, чистка від конденсату, пилу і залишків металу попередніх плавок променеводу електронних гармат) та налаштування обладнання (заміна катодів електронно–променевих гармат) й оснастки.

3. Виконання робіт підготовки вихідного матеріалу та формування заготовки заправки у піч.

4. Виконання плавки.

5. Відбір проб для оперативного аналізу виплавленого зливка – хімічного та газового аналізу.

6. Відбір проб для механічних випробувань виплавленого зливка.



Рис. 1. Зовнішній вигляд модернізованої електронно-променевої установки УЕ-208

З шихти формувалась витратна заготовка, яка із заданою швидкістю подавалась у зону плавлення. Плавлення заготовки призводило до накопичення рідкого металу у проміжній ємності, а звідти, по мірі накопичення, рідкий метал зливався в кристалізатор – де формувався зливоч необхідного діаметра.

Після формування злитку, хімічного аналізу та механічної обробки проводиться деформаційна та термічна обробки для форматування заготовки з підвищенням механічних властивостей.

Деформаційна обробка виконана з застосуванням термічної підготовки, виконана на автоматичному ковальному комплексі АКП-500 з гідравлічним пресом 5 МН, маніпулятором та двома нагрівальними печами з точним регулюванням температури.

Кування велося по схемі «квадрат–круг» – після кожного проходу прогрів металу в ковальній печі. Перший обжим: перехід з D106 на квадрат 91 (–15 мм). Подача торцева 30-50 мм. Повернення в ковальну піч. Другий обжим: перехід з квадрата 91 на квадрат 75 (–15 мм). Подача торцева 30 - 50 мм. Повернення в ковальну піч. Третій обжим: перехід з квадрата 75 на квадрат 60 (–15 мм). Подача торцева 30 – 50 мм. Повернення в ковальну піч. Четвертий обжим: перехід з квадрата 60 на D59 (–15 мм). Подача торцева 30-50 мм. Повернення в ковальну піч. Охолодження поковки виконується у повітрі (рис. 2). Отримано круг діаметром 58-60 мм.



а

б

Рис. 2. Охолодження поковки у повітрі (а) та зовнішній вигляд поковок після охолодження (б)

Після ковки прутки прокатили та протягували до діаметру 6 мм.

Результати дослідження мікроструктури дозволили встановити, що мікроструктура подрібнювалась до розміру 30-60 мкм.

Із аналізу мікроструктури зроблено висновок, що мікроструктура змінюється з крупнозеренної 150-200 мкм первинних зерен до дрібної рівноосної з пластинчатою субмікроструктурою.

Механічні властивості пруткового матеріалу в порівнянні з титановим сплавом наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика пруткової заготовки і застосовуваного титанового сплаву для дентальних імплантів

Склад	Механічні властивості				
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	E, ГПа	δ , %	ψ , %
Пруток Ø6мм	850...900	695...700	37,673	36	40...58
BT6 (ГОСТ 19807–91)	830...1254	–	115	10	44

З даних в табл. 1 можна зробити висновок, що пруткова заготовка зі сплаву на основі системи цирконій-титан-ніобій забезпечує модуль пружності $E = 37,673$ ГПа, що в 3 рази нижче ніж у сплаву BT6, $E = 110-115$ ГПа і наближається до значення модуля пружності людської кістки $E = 30$ ГПа. Це дає підставу говорити про підвищення біосумісності. У той же час опір до навантажень відповідає аналогічному сплаву BT6, що підтверджує рівень механічних властивостей цирконієвих сплавів.

Література

1. Лабораторная электронно-лучевая установка УЭ-208М / Ахонин С.В., Пикулин А.Н., Березос В.А., Ковальчук Д.В., Тугай С.Б. // Современная электрометаллургия. – 2019. – №3. – С. 15 – 22.

<http://dx.doi.org/10.15407/sem2019.03.03>