

УДК 673

Лук'яненко О.С. ¹

Шаломєєв В.А. ²

Айкін М.Д. ³

¹ аспірант кафедри ФМ, НУ «Запорізька політехніка»

² д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ асистент кафедри ФМ, НУ «Запорізька політехніка»

ОПТИМІЗАЦІЯ МАГНІЄВОГО СПЛАВУ ДЛЯ МЕДИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

У наш час в якості матеріалів для остеосинтезу використовують різноманітні матеріали. Більшість з них після консолідації переломи потребують видалення з організму. Зважаючи на це, перспективними імплантатами для остеосинтезу є такі, що виготовлені з біорозчинних матеріалів.

Магнієві сплави відносяться саме до цього типу матеріалів. Головною їх перевагою, що вигідно виділяє їх серед інших є позитивний вплив магнію на організм людини. Магній міститься в кістковій та м'язовій тканинах, бере участь в обмінних процесах організму та інше. Крім того, магній та продукти його корозії мають відмінну біосумісність. Багато досліджень показують позитивний вплив продуктів біодеградації магнію на остеогенез.

Проте, значним недоліком, що обмежує широке використання магнієвих сплавів, є низька корозійна стійкість. Збільшення витримки імплантатів в штучних заміниках крові призводить до зниженню їх механічних властивостей, що потребує корегування хімічного складу методом математичної оптимізації.

Для цього, рівняння регресії (1, 2), що були отримані методом математичного планування експерименту необхідно розкодувати.

$$\sigma_B = 251,63 - 4,125x_1 + 15,875x_2 - 8,875x_1x_2 \quad (1)$$

$$\delta = 3,85 + 0,75x_1 - 0,225x_2 - 0,625x_1x_2 \quad (2)$$

Це робиться шляхом підстановки замість x_1 і x_2 наступних значень:

$$x_1 = \frac{Zr, \% - 0,95}{1,1}; \quad x_2 = \frac{Nd, \% - 2,78}{1,16} \quad (3)$$

В результаті розкодування отримали наступні залежності міцності (4) і пластичності (5) від вмісту легувальних елементів:

$$\sigma_B = 198,77821 + 15,58582 * Zr, \% + 20,2929 * Nd, \% - 6,9533 * Zr, \% * Nd, \% \text{ (МПа)} \quad (4)$$

$$\delta = 2,44789 + 2,0435 * Zr, \% + 0,27135 * Nd, \% - 0,48981 * Zr, \% * Nd, \% \quad (5)$$

Рівняння залежності механічних властивостей від хімічного складу сплаву є рівняннями площин, що дозволяє представити ці залежності у вигляді графіків (рис 1).

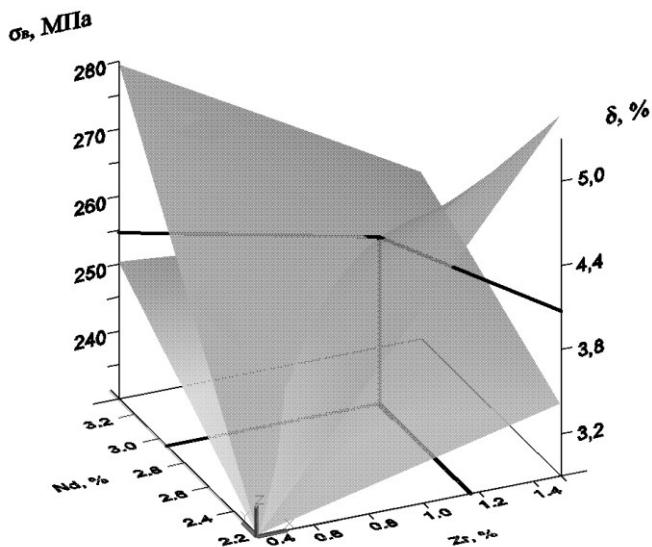


Рисунок 1 – Графічна оптимізація хімічного складу сплаву системи Mg-Zr-Nd

У тривимірному просторі були побудовані графіки залежності міцності і пластичності від хімічного складу сплаву. По осі X було відкладено вміст Zr, %, а по осі Y – вміст Nd, %. По осям Z були відкладені відповідно чисельні значення межі міцності і пластичності. Поєднання двох графіків показало, що вони перетинаються по кривій лінії. Проводячи нормалі від найвищої точки кривої до відповідних площин, що складають систему координат, можна визначити оптимальний вміст легуючих елементів, що забезпечує максимальний рівень механічних властивостей.

В результаті оптимізації було отримано максимальний комплекс механічних властивостей ($\sigma_b = 255$ МПа; $\delta = 4,1$ %), що відповідає наступному вмісту легувальних елементів: Zr = 1,1 – 1,2%, Nd = 2,9 – 3,0%.

Випробування зразків з розробленого сплаву в гелофузині показало, що він має необхідний рівень фізико-механічних властивостей після 3-х місяців біокорозії. Імпланти, виготовлені з даного сплаву, показали свою

нетоксичність в експерименті на тваринах і рекомендовані для подальших досліджень.