

УДК 621.9:669.295

Кирилах С.В.¹

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

ПІДВИЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ Ti-6Al-4V, ОТРИМАНИХ МЕТОДАМИ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасні адитивні технології (АТ), які базуються на поетапному формуванні матеріалу для створення тривимірних об'єктів, дозволяють значно розширити можливості виробництва, забезпечуючи високу точність, складність геометрії та ефективність використання матеріалів. Актуальність АТ зумовлена їх здатністю забезпечувати ефективне та ресурсозберігаюче виготовлення деталей складної геометрії без потреби у трудомісткій механічній обробці.

Адитивний метод суттєво скорочує кількість операцій (у понад 2 рази), знижує енергоспоживання та підвищує КІМ з 8–10 % до 90 %. На відміну від традиційного виробництва, де метал плавиться лише під час виплавки злитка, в адитивних процесах це відбувається двічі (при отриманні порошку та формуванні деталі), що впливає на її структуру та властивості. Для досягнення високих механічних властивостей титанових сплавів необхідно враховувати такі фактори, як якість гранул, їх розмір, газовміст, потужність лазерного променя, розмір плями і рідкої ванни, швидкість сканування та темп кристалізації. Всі ці аспекти взаємопов'язані та визначають оптимальні характеристики матеріалу, що є ключовим для забезпечення його високоякісних механічних властивостей. [1].

У роботі [2] наведено наступні дані: компанія ARCAM AB, шведський лідер у галузі АТ, отримала зразки сплаву Ti-6Al-4V, які після проведення

гарячого ізостатичного пресування (ГІП) продемонстрували досить хороші механічні властивості (табл. 1).

Таблиця 1 – Механічні властивості сплавів Ti–6Al–4V та Ti–6Al–4V ELI в початковому стані та після ГІП

Сплав/стан	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
Ti–6Al–4V/ вихідне	879	953	14	46
Ti–6Al–4V/ після ГІП	868	942	13	44
Ti–6Al–4V ELi / вихідне	802	904	14	47
Ti–6Al–4V ELi HIP /після ГІП	807	902	15	47

Так, властивості на розрив зразків сплавів Ti–6Al–4V та Ti–6Al–4V ELI в початковому стані та після ГІП повністю відповідають властивостям, вказаним у міжнародних стандартах. При цьому залишається підтвердженою істиною, що ГІП матеріалу, отриманого за допомогою адитивної технології, усуває мікрочастки з порами, що, в першу чергу, відображається на втомних властивостях зразків (рис. 1) [2].

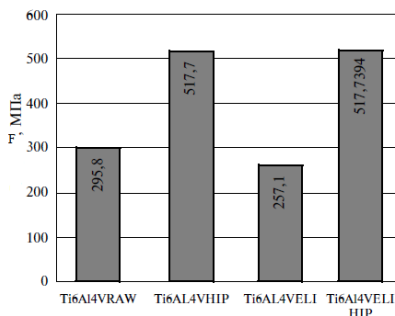


Рисунок 1 – Втомні властивості зразків сплавів Ti–6Al–4V та Ti–6Al–4V ELI в початковому стані та після ГІП (на основі 107 циклів).

Основною характеристикою, що визначає надійність матеріалів, отриманих за порошковими технологіями, є втомні властивості, за високий рівень яких у титанових сплавах, в першу чергу, відповідає структурний фактор. Втомні характеристики матеріалів, виготовлених за допомогою адитивних технологій, надані різними авторами, мають розбіжності. Компанія Honeywell, зокрема, наводить оцінку [3], згідно з якою малоциклічна втома зразків, отриманих за допомогою адитивної технології, є такою ж, як у деформованого матеріалу, і значно перевищує властивості зразків у литому стані. За даними університету RMIT, матеріал, отриманий за допомогою АТ, має

втомні властивості, що займають проміжне положення між деформованим матеріалом та литим, що пройшов ГПП [4].

Різнити в результатах вказує на потребу подальших досліджень для оптимізації технологій. Останні результати наближаються до реальності, що дозволяє підвищити властивості та покращити якість структури зразків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Arshad, M., et al. (2022). Improving Mechanical Properties and Energy Absorption of Additive Manufactured Lattice Structures. *Materials Science and Engineering : A*, 1-10. doi.org/10.1007/s10338-022-00341-4

2. Vega F. Titanium additive manufacturing – a novel game changing technology / Titanium 2014 Conference. Hilton Chicago. USA. September 21–24. 2014.

3. Legzdina D., Adams R., Godfrey D. Additive Manufacturing of Titanium. Alloys at Honeywell Aerospace // ITA Conference. Atlanta. October 10. 2012.

4. Darpan Shidid // Titanium 2014 Conference. Hilton Chicago. USA. September 21–24. 2014.