

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕСУРСУ ТА ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ МЕДИЧНИХ ПАР ТЕРТЯ ЗІ СПЛАВУ VT6, ОТРИМАНИХ 3-D ДРУКОМ

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України¹,
ТОВ «Тітан-Мед»²

Анотація

Розглянуто відмінності структури та механічних властивостей зразків зі сплаву VT6, отриманих з гарячекатаного прутка та 3-D друком (Grade 5 ELI). Запропоновано технологічний маршрут виготовлення сферичних компонентів медичних пар тертя зі сплаву VT6 (Grade 5 ELI), отриманих 3-D друком, що забезпечує ресурс та якість виробів відповідно до сучасних вимог.

Ключові слова: 3-D друк, мікроструктура, пористість, шорсткість, холодне поверхнєве пластичне деформування, триботехнічні характеристики.

В даний час все більшого поширення набувають адитивні технології (3D-друк). Їх можливості дозволяють отримувати деталі складної форми практично без відходів матеріалу при високій продуктивності. Внаслідок цього дана технологія все більше застосовується для вирощування деталей медичних імплантів. При цьому, зазвичай, застосовують титановий сплав VT6 (Grade 5 ELI). Однак його підвищена схильність до схоплювання практично з усіма матеріалами є основною перешкодою застосуванню в технічних та медичних вузлах тертя [1]. Цим пояснюються також труднощі алмазно-абразивної обробки даного матеріалу.

Вирішити проблему використання титанових компонентів в парах тертя можливо модифікацією їх поверхні термодифузійним азотуванням (ТДА), що дозволяє уникнути проблеми зі схоплюванням та забезпечує високу надійність деталі за рахунок формування між функціональною плівкою і титановою матрицею перехідного дифузійного шару достатньої глибини та міцності, з градієнтом властивостей. За таких умов відшарування модифікованого шару виключається повністю [2, 3].

Підвищити ресурс азотованого шару можливо обробкою робочої поверхні холодним поверхневим пластичним деформуванням (ХППД) перед ТДА [4], яке супроводжується подрібненням структури, збільшенням площі межзерених кордонів, що в свою чергу сприяє інтенсифікації дифузійних процесів та підвищенню твердості та збільшенню глибини азотованого шару.

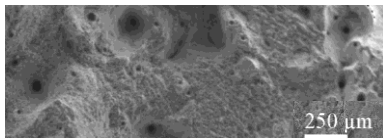


Рисунок - Фрактографія поверхні руйнування після випробувань на розтяг сплаву VT-6 (Grade 5 ELI), отриманого 3D-друком з використанням електронного пучка

На сьогодні, задача розробки комплексної технології алмазно-абразивної обробки та підвищення триботехнічних характеристик робочих поверхонь деталей медичних імплантів з VT6 (Grade 5 ELI), отриманих 3-D друком, не вирішена. При цьому, необхідно відзначити наявність суттєвих відмінностей в структурі та властивостях матеріалу VT6 (Grade 5 ELI), отриманого за традиційною технологією гарячої прокатки та 3-D друком.

А саме, пористість матеріалу, отриманого 3D-друком більше, ніж отриманого гарячою прокаткою. На рис. наведено фрактографію зразка, отриманого 3D-друком з використанням електронного пучка, після випробувань на розтяг.* На рисунку чітко видні пори в матеріалі.

Дослідження зразків сплаву VT6 (Grade 5 ELI) методами оптичної металографії показали, що зразки, отримані 3-D друком мають більш дисперсну мікроструктуру та вищі механічні властивості, ніж отримані з гарячекатаного прутка (табл.)*.

*Дослідження фрактографії та механічних властивостей проводилось с.н.с. ІПМ НАН України, к.т.н. Кузьменком М. М.

Шорсткість поверхні зразків, отриманих 3-D друком, складає Ra 10 – 12, отриманих точінням з прутка – Ra 3 – 4.

Таблиця - Механічні властивості зразків при розтязі			
Технологія отримання	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_b МПа	δ , %
Гаряча прокатка	969,2	1022,3	6,84
3D-друк, лазер	1002	1079,5	9,61
3D-друк, електронний пучок	1039	1094	12,6

Внаслідок цього, розробка технології алмазно-абразивної обробки та модифікації робочої поверхні компонентів пар тертя зі сплаву ВТ 6, отриманого 3-D друком, має бути виділена в окреме

питання.

Як показали попередні дослідження, при обробці сферичних компонентів пар тертя для зменшення вихідних показників шорсткості, пористості приповерхневого шару та покращення оброблюваності алмазно-абразивними інструментами, може бути застосована технологічна схема накочування плоскими поверхнями. Для прецизійної обробки виробу – технологічна схема вільного притирання, яка добре себе зарекомендувала при обробці сферичних деталей з кераміки та титану ВТ 1-0. Для забезпечення низької шорсткості – полірувальна паста, що надає механо-хімічний вплив на оброблювану поверхню [5]. При розробці технологічних засобів для механічної обробки титанових компонентів, отриманих 3-D друком необхідно враховувати особливості їх структури та механічні властивості.

Створення комплексної технології механічної обробки компонентів медичних пар тертя зі сплаву ВТ6 (*Grade 5 ELI*), отриманого 3-D друком, та модифікації їх робочих поверхонь сприятиме скорішому налагодженню в Україні промислового виробництва доступних вітчизняних ендопротезів, поверненню до нормального життя значної кількості хворих або травмованих людей, тобто вирішенню важливої соціальної проблеми України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. И. В. Горынин, Б. Б. Чечулин. Титан в машиностроении:– М. Машиностроение, 1990. – 400 с.
2. Федірко В.М., Погрелюк І.М. Азотування титану та його сплавів. – Київ: «Наукова думка», 1995 р. – 220 с.
3. I.M. Pohrelyuk, S.E. Sheykin, S.M. Dub, A.G. Mamalis, I.Yu. Rostotskii, O.V. TkachukS.M. Lavrys / Increasing of functionality of c.p. titanium/UHMWPE tribo-pairs by thermodiffusion nitriding of titanium component // Biotribology Volume 7, September 2016, Pages 38–45.
4. Sheykin S. Ye., Pogrelyuk I. M. Sergach D. A. / Modification of working surface of titanium components of friction units // Journal of Superhard Materials, 2015, Vol. 37, No. 5, pp. 351–356.
5. Титан в медичних парах тертя: Монографія – Київ: ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України / Під ред. Дьоміна В. Ю., Шейкіна С. Є. – К.: Логос, 2019.– 146 с.

Шейкін Сергій Євгенович, д-р. техн. наук, с.н.с., завідувач відділом формування прецизійних елементів складнопрофільних виробів ІНМ НАН України, м. Київ, Sheykin2003@ukr.net.

Студенець Сергій Федорович, заст. зав. відділом формування прецизійних елементів складнопрофільних виробів ІНМ НАН України, м. Київ.

Дьомін В. Ю., директор, ТОВ «Тітан-Мед» м. Київ.

TECHNOLOGICAL FUNDAMENTALS OF PROVIDING RESOURCE AND QUALITY OF COMPONENTS OF MEDICAL PAIRS OF FRICTION FROM VT6 ALLOY OBTAINED BY 3-D PRINTING

Abstract

Differences in the structure and mechanical properties of GRADE 5 alloy samples obtained from hot-rolled rod and 3-D printing are considered. The technological route of manufacturing spherical components of medical friction pairs from GRADE 5 alloy obtained by 3-D printing is offered, which provides the resource and quality of products in accordance with modern requirements.

Sheykin Sergiy, D.Sc. (Eng.), Head of the Department of Shaping Precision Elements of Complex Geometry Products of the NAS of Ukraine, Kyiv, Sheykin2003@ukr.net.

Studenets Sergiy, Deputy head of the Department of Shaping Precision Elements of Complex Geometry Products of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv.

Dyomin V., Director of Titan Med LLC, Kyiv