

**О.В. Вдовиченко
М.Б. Штерн
О.Г. Кіркова
А.М. Колесников
А.В. Кузьмов
Н.Д. Ткачук**

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ В ПОРОШКОВОМУ ТИТАНІ

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Анотація

В роботі наведені результати експериментальних досліджень швидкостей поширення поздовжньої пружної хвилі в зразках порошкового титану різної пористості, спечених за різних температур. Встановлена залежність швидкостей пружних хвиль в слабо спечених зразках від способу їх збурення. Запропонована модель, що пояснює виявлений ефект. Отримані результати закладають підвалини створення нових методів неруйнівного контролю матеріалів.

Ключові слова: пористий титан, дефекти структури, акустичні методи, неруйнівний контроль

Технічно чистий титан має комплекс привабливих властивостей, зокрема, задовольняє вимогам до матеріалів біомедичного призначення. Для узгодження титанових імплантатів з кістковою тканиною за критерієм пружності, а також для забезпечення кращого сполучення імплантату з кістковою тканиною використовують пористі матеріали, які, зокрема, одержують методами порошкової металургії. Вимогами до таких пористих матеріалів є відсутність тріщиноподібних дефектів. Метою даної роботи було дослідження залежностей швидкостей поширення акустичних хвиль в пористому титані від наявності площинних (тріщиноподібних) дефектів.

Зразки титану пористістю 0,05; 0,10 і 0,20, одержаних пресуванням порошку з розмірами частинок 315...500 мкм і наступним спіканням за температур 500...1200°C у відповідності до технології [1]. Швидкість звуку визначали методом наскрізного проходження поздовжньої ультразвукової хвилі, що збурювалась п'єзоелектричними перетворювачами з центральною частотою 5 МГц через зразок у формі прямокутного паралелепіпеда. На відміну від методики [2], застосовували перетворювачі збурення, які забезпечували збурення пружної хвилі під різними кутами до нормалі до поверхні зразка: 0° (нормально до поверхні), 50° та 60°. Приймальний перетворювач поздовжньої хвилі розташовували на протилежній грані зразка.

Було встановлено, що у зразків усіх досліджених пористостей, спечених за температури 1200°C, яка забезпечує повне спікання порошку і його рекристалізацію з переміщенням межі між зернами з зони контакту частинок порошку, кут збурення хвилі практично не впливав на визначену швидкість її поширення. Натомість у зразків, спечених за нижчих температур, швидкість поширення хвилі зменшувалась зі збільшенням кута нахилу п'єзоелементу акустичного перетворювача збурення, причому зі зменшенням температури спікання ця різниця збільшувалась.

Для пояснення спостереженого ефекту була запропонована модель, яка ґрунтується на понятті про порошкове тіло, пружний потенціал якого залежить від параметра, що відповідає за різноопірність матеріалу розтягу і стисненню і пов'язаний з наявними двовимірними дефектами як от недосконалі контакти між частинками порошку або тріщини [3].

Одержані результати засвідчили, що виявлений ефект залежності швидкості поширення пружної хвилі від схеми збурення хвилі пов'язаний з різним опором матеріалу розтягу і стисненню, а отже з вмістом двовимірних дефектів. Отже, цей ефект може слугувати основою

створення неруйнівних методик, які надають можливість відрізнити вплив на акустичні характеристики: 1) пор, які є бажаними елементами структури в імплантатах, фільтрах, каталізаторах тощо та 2) вкрай небажаних площинних дефектів, які можуть бути джерелом зародження втомних макроскопічних тріщин, а також причиною зменшення в'язкості руйнування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Borisovskaya E.M., Nazarenko V.A., Podrezov Yu.N., Koryak O.S., Evich Ya.I., Vdovichenko A.V. Mechanical properties of powder titanium at different production stage II. Mechanical behavior of porous titanium compacts // Powder Met. Metal Ceram. – 2008. – V.47. – P.538-545.
2. Вдовиченко О.В., Згалат-Лозинський О.Б., Колесников А.М., Матвійчук О.О. Акустичні дослідження пружності та демпфування композитів на основі поліпропілену, наповнених частинками нітриду титану, для 3-D друку // Порошкова металургія. – 2024. - №9-10 – 12.
3. Shtern M.B. Elastic model of isotropic powder materials with different tensile and compressive properties // Powder Met. Metal Ceram. – 2009. – V.48. – P.257-266.

Відомості про авторів

Вдовиченко Олександр Васильович, доктор технічних наук, завідувач лабораторії Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ, е-адреса: vdovyche@gmail.com;

Штерн Михайло Борисович, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ, е-адреса: mbsh07@ukr.net

Кіркova Олена Геннадіївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ, е-адреса: lv2@ukr.net;

Колесников Анатолій Миколайович, науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ, е-адреса: semafor@ukr.net;

Кузьмов Андрій Васильович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ, е-адреса: kavipms326@gmail.com;

Ткачук Неоніла Дмитрівна, молодший науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ, е-адреса: nila_tk@yahoo.com

STUDY OF VELOCITIES OF PROPAGATION OF ELASTIC WAVES IN POWDER TITANIUM

Abstract

The report presents the results of experimental studies of the propagation velocities of longitudinal elastic waves in titanium powder samples of different porosity sintered at different temperatures. The dependence of the velocities of elastic waves in weakly sintered samples on the scheme of their perturbation has been established. A model is proposed to explain the observed effect. The results obtained lay the foundation for the development of new methods of non-destructive testing of materials.

Keywords: porous titanium, structural defects, acoustic techniques, non-destructive testing

Information about the authors

Vdovychenko, Oleksandr, Doctor of Technical Science, Head of Laboratory of Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, e-mail: vdovyche@gmail.com;

Shtern, Mykhailo, Corresponding Member of National Academy of Sciences of Ukraine, Head of Department of Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, e-mail: mbsh07@ukr.net

Kirkova, Olena, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Scientist of Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, e-mail: lv2@ukr.net;

Kolesnykov, Anatolii, Research Scientist of Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, e-mail: semafor@ukr.net;

Kuzmov, Andrii, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Scientist of Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, e-mail: kavipms326@gmail.com;

Tkachuk, Neonila, Junior Research Scientist of Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, e-mail: nila_tk@yahoo.com