

УДК 620.178.162: 669.295: 621: 762

Влияние пористости на износостойкость спеченного титана в условиях граничной смазки

И.Н. Погрелюк, С.М. Лавриць, А.Г. Лукьяненко

Физико-механический институт им. Г.В. Карпенко НАН Украины,
ул. Наукова, 5, г. Львов 79060, Украина

Поступила в редакцию 24.02.2021.

После доработки 06.12.2021.

Принята к публикации 10.12.2021.

Исследовано влияние пористости спеченного титана технической чистоты на его триботехнические характеристики в трибопаре с бронзой в условиях граничной смазки. Исследования проводили на образцах с пористостью 3 и 9 %, полученных методом порошковой металлургии (прессование и вакуумное спекание). Для сравнения использовали технически чистый титан (беспористый), полученный по традиционной технологии литья и горячего деформирования. Триботехнические характеристики исследовали на машине трения СМЦ-2 с автоматической регистрацией коэффициента трения и температуры вблизи зоны трения при удельной нагрузке 1 МПа. Длительность и скорость трения 3000 с и 0,6 м/с соответственно. Схема трения — «диск—вкладыш». В исследованиях использовали индустриальное масло марки И-40. Установлено, что наличие пор отрицательно влияет на триботехнические характеристики титана. У фрикционной пары с титаном пористостью 3 и 9 % в зоне стабильного износа увеличивается коэффициент трения примерно в 1,7 и 2,2 раза соответственно по сравнению с парой с беспористым титаном. При этом повышение температуры вблизи зоны трения на 20 и 40 % показывает, что за счёт низкой теплопроводности и высокой химической активности титана ускоряются диффузионные процессы схватывания поверхностей, и, как следствие, увеличивается интенсивность износа трибопары в целом на 21 и 66 %. Согласно гравиметрическому анализу образцов после трибологических испытаний установлено, что интенсивность износа контртела (бронзы) примерно в 1,5—2 раза превышает интенсивность износа титана независимо от его пористости. Согласно металлографическому анализу топографии поверхностей износа титана установлено, что независимо от пористости для всех трибопар при трении реализуется адгезионный и усталостный механизмы износа. Снижение износостойкости пористого титана по сравнению с беспористым происходит вследствие инициирования поверхностными порами зарождения трещин, что провоцирует отслоение поверхностных слоёв и интенсифицирует усталостный износ при трении.

Ключевые слова: титан, порошковая металлургия, спекание, пористость, износостойкость, граничная смазка.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-700-706

Адрес для переписки:

И.Н. Погрелюк
Физико-механический институт им. Г.В. Карпенко НАН Украины,
ул. Наукова, 5, г. Львов 79060, Украина
e-mail: irynapohrelyuk@gmail.com

Для цитирования:

И.Н. Погрелюк, С.М. Лавриць, А.Г. Лукьяненко.
Влияние пористости на износостойкость спеченного титана в
условиях граничной смазки.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 700—706.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-700-706

Address for correspondence:

I.M. Pohrelyuk
Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine,
Naukova str., 5, Lviv 79060, Ukraine
e-mail: irynapohrelyuk@gmail.com

For citation:

I.M. Pohrelyuk, S.M. Lavryts, and O.H. Lukyanenko.
[Influence of Porosity on Wear Resistance of Sintered Titanium Under
Boundary Lubrication].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 700—706 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-700-706

Influence of Porosity on Wear Resistance of Sintered Titanium under Boundary Lubrication

I.M. Pohrelyuk, S.M. Lavryk, and O.H. Lukyanenko

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine,
Naukova str., 5, Lviv 79060, Ukraine

Received 24.02.2021.

Revised 06.12.2021.

Accepted 10.12.2021.

Abstract

The influence of the porosity of sintered c.p. titanium on its tribotechnical characteristics in a tribo-pair with bronze under boundary lubrication conditions was investigated. The investigations were carried out on samples of sintered titanium with a porosity of 3 and 9 % fabricated by powder metallurgy (pressing and vacuum sintering). C.p. titanium (non-porous) fabricated by the traditional technology of casting and hot deformation was used for comparison. Tribotechnical characteristics were investigated using SMT-2 friction machine with automatic registration of changes of the friction coefficient and temperature near the friction zone under specific load of 1 MPa. The duration and friction rate were 3000 s and 0.6 m/s, respectively. The friction investigations were carried out according to «disk—block» scheme. The I-40 industrial oil was used. It was determined that the presence of pores negatively affects on the tribotechnical characteristics of titanium. For tribo-pairs with titanium porosity of 3 and 9 % at the steady-state stage of wear, the friction coefficient increases by approximately 1.7 and 2.2 times, respectively, compared to the tribo-pair with non-porous titanium. At the same time, an increase of the temperature near the friction zone by 20 and 40 % was occurred due to the low thermal conductivity and high chemical activity of titanium, diffusion processes of micro-welding (adhesion) of surfaces were accelerated. The wear intensity of the tribo-pair increases by 21 and 66 % with increasing porosity. According to the gravimetric analysis of the samples after tribological tests, it was established that the wear intensity of the counterbody (bronze) is approximately by 1.5—2 times higher than the wear intensity of titanium, regardless of its porosity. According to the metallographic analysis of titanium worn surfaces, it was found that, regardless of the porosity, for all tribo-pairs during friction, adhesion and fatigue wear mechanisms were realized. A decrease of the wear resistance of porous titanium in comparison with non-porous one was occurred due to crack initiation in subsurface pores, which leads to delamination of subsurface layers during friction and intensifies fatigue wear.

Keywords: titanium, powder metallurgy, sintering, porosity, wear resistance, boundary lubrication.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-700-706

Адрес для переписки:

И.Н. Погрелок
Физико-механический институт им. Г.В. Карпенко НАН Украины,
ул. Наукова, 5, г. Львов 79060, Украина
e-mail: irynapohrelyuk@gmail.com

Address for correspondence:

I.M. Pohrelyuk
Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine,
Naukova str., 5, Lviv 79060, Ukraine
e-mail: irynapohrelyuk@gmail.com

Для цитирования:

И.Н. Погрелок, С.М. Лаврык, А.Г. Лукьяненко.
Влияние пористости на износостойкость спеченного титана в
условиях граничной смазки.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 700—706.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-700-706

For citation:

I.M. Pohrelyuk, S.M. Lavryk, and O.H. Lukyanenko.
[Influence of Porosity on Wear Resistance of Sintered Titanium Under
Boundary Lubrication].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 700—706 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-700-706

Список использованных источников / References

1. Seong S., Younossi O., and Goldsmith B.W. Titanium-Industrial Base, Price Trends, and Technology Initiatives. — Santa Monica: RAND Corporation. — 2009
2. Pohrelyuk I.M., Fedirko V.M., and Lavryts S.M. Effect of Preliminary Ball Burnishing on Wear Resistance of the Nitrided VT22 Alloy // J. Frict. Wear. — 2017 (38), no. 3, 221—224
3. Fang Z.Z. and Sun P. Pathways to Optimize Performance/Cost Ratio of Powder Metallurgy Titanium — A Perspective // Key Eng. Mater. — 2012 (520), 15—23
4. Savvakin D.H., Humenyak M.M., Matvii-chuk M.V., and Molyar O.H. Role of Hydrogen in the Process of Sintering of Titanium Powders // Mater. Sci. — 2012 (47), no. 5, 652—661
5. Luo S.D., Guan C.L., Yang Y.F., Schaffer G.B., and Qian M. Microwave Heating, Isothermal Sin-
- tering, and Mechanical Properties of Powder Metallurgy Titanium and Titanium Alloys // Metall. Mater. Trans. A. — 2013 (44), no. 4, 1842—1851
6. Paramore J.D., Fang Z.Z., Dunstan M., Sun P., and Butler B.G. Hydrogen-Enabled Microstructure and Fatigue Strength Engineering of Titanium Alloys // Sci. Rep. — 2017, no. 7, 1—12
7. Pohrelyuk I.M., Ovchynnykov O.V., Skrebtssov A.A., Shvachko Kh.S., Proskurnyak R.V., and Lavryts S.M. Corrosion Properties of Titanium Obtained by the Method of Powder Metallurgy // Mater. Sci. — 2017 (52), no. 5, 700—705
8. Sinha A. and Farhat Z. Effect of Surface Porosity on Tribological Properties of Sintered Pure Al and Al 6061 // Materials Sciences and Applications. — 2015 (6), no. 6, 549—566
9. Simchi A. and Danninger H. Effects of Porosity on Delamination Wear Behaviour of Sintered Plain Iron // Powder Metallurgy. — 2004 (47), no. 1, 73—80
10. Liu Z., Ji F., Wang M., and Zhu T. Study on the Tribological Properties of Porous Titanium Sliding Against Tungsten Carbide YG6 // Metals. — 2017 (7), no. 1, 28—48

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11
Full text of articles can be purchased from the editorial office.
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11
E-mail: FWJ@tut.by