

УДК: 620.193: 620.12

Сравнительный анализ кавитационного изнашивания титанового сплава в морской и пресной воде

Ю.Н. Цветков¹, Я.О. Фиактистов¹, Е.Р. Кудрявцева²

¹Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова,
ул. Двинская. д. 5/7, г. Санкт-Петербург 198035, Россия

²АО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ»,
Межевой канал, д. 3, корп. 2, г. Санкт-Петербург 198035, Россия

Поступила в редакцию 11.06.2021.

После доработки 13.02.2022.

Принята к публикации 15.02.2022.

Проведены испытания литейного титанового сплава на кавитационный износ на ультразвуковом магнитоцентричном вибраторе в пресной и морской искусственной воде при амплитудах колебания торца концентратора вибратора 15 и 28 мкм и частоте колебаний примерно 22 кГц. В процессе испытаний образцы периодически взвешивали, а после взвешивания измеряли микротвёрдость и шероховатость поверхности. На зависимостях микротвёрдости от продолжительности кавитационного воздействия можно выделить две стадии: стадию упрочнения, в течение которой микротвёрдость сплава увеличивается, и стадию разупрочнения, когда микротвёрдость уменьшается. Отмечено, что максимально достижимое значение микротвёрдости в морской воде снижается примерно на 10 % по сравнению с испытаниями в пресной воде, что объясняется уменьшением плотности дислокаций в пластически деформированном поверхностном слое за счёт увеличения доли дислокаций, выходящих на поверхность. Воздействие морской воды приводит к увеличению пластичности поверхностных слоёв в условиях кавитационного воздействия на ультразвуковом вибраторе, что проявляется в возрастании предельного значения пластической деформации поверхности, оцениваемого по увеличению длины профиля поверхности к концу инкубационного периода. При этом зарегистрировано увеличение продолжительности инкубационного периода и снижение кавитационного износа в морской воде по сравнению с опытами в пресной воде. Высказано предположение, что отмеченные изменения в закономерностях кавитационного изнашивания при переходе от пресной к морской воде обусловлены действием образующегося в морской воде на поверхности сплава двойного электрического слоя.

Ключевые слова: кавитационное изнашивание, ультразвуковой магнитоцентричный вибратор, титановый сплав, морская вода, пресная вода, инкубационный период изнашивания, пластическая деформация, микротвёрдость, шероховатость поверхности, потери массы.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-31-40

Адрес для переписки:

Ю.Н. Цветков
Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова,
ул. Двинская. д. 5/7, г. Санкт-Петербург 198035, Россия
e-mail: yuritsvet@mail.ru

Address for correspondence:

Y.N. Tsvetkov
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
Dvinskaya St., 5/7, Saint-Petersburg 198035, Russia
e-mail: yuritsvet@mail.ru

Для цитирования:

Ю.Н. Цветков, Я.О. Фиактистов, Е.Р. Кудрявцева.
Сравнительный анализ кавитационного изнашивания титанового
сплава в морской и пресной воде.

Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 1. – С. 31–40.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-31-40

For citation:

Y.N. Tsvetkov, Ya.O. Fiaktistov, and Ye.R. Kudryavzeva.
[Comparative Analysis of Cavitation Wear of Titanium Alloy in Fresh
and Sea Water].

Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 1, pp. 31–40 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-31-40

Comparative Analysis of Cavitation Wear of Titanium Alloy in Fresh and Sea Water

Y.N. Tsvetkov¹, Ya.O. Fiaktistov¹, and Ye.R. Kudryavzeva²

¹Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
Dvinskaya St., 5/7, Saint-Petersburg 198035, Russia

²АО «LENMORNIIPROEKT»,
Mezhevoy canal, d. 3, korp. 2, St. Petersburg 198035, Russia

Received 11.06.2021.

Revised 13.02.2022.

Accepted 15.02.2022.

Abstract

The cavitation wear of a cast titanium alloy was investigated on an ultrasonic vibratory apparatus in fresh and artificial sea water, the frequency of the vibrator horn oscillation was approximately 22 kHz, the oscillation amplitude of the horn butt being 15 and 28 μm . The alloy samples were periodically weighed during the test, and every time after weighing the microhardness and the roughness of the surface were measured. The dependences of microhardness on the duration of cavitation attack can be divided into two stages: the stage of hardening and stage of unhardening. Accordingly, during the incubation period the microhardness increases first and then decreases. The maximum value attained by the microhardness of the samples surface in testing in sea water is 10 % less, than in fresh water, that can be explained by a decrease in dislocations density in the plastically deformed surface layer due to a rise of the share of the dislocations discharging onto the surface. The sea water action in ultrasonic cavitation attack results in an increase in the surface layer plasticity, which, in turn, manifests itself in the rise of the plastic strain limiting value, estimated by an increase in the surface profile length by the end of the incubation period. At the same time there were an increase of the incubation period and a decrease of mass loss registered under testing in sea water compared with fresh water, and these facts are in accord with the fact of the decrease in dislocations density. It was hypothesized that the recorded changes in the cavitation wear regularities as a result of transition from fresh to sea water are caused by a double electrical layer formation on the alloy surface in sea water.

Keywords: cavitation wear, ultrasonic vibratory apparatus, titanium alloy, fresh water, sea water, incubation period of wear, plastic deformation, microhardness, roughness of the surface, mass loss.

DOI:10.32864/0202-4977-2022-43-1-31-40

Адрес для переписки:

Ю.Н. Цветков
Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова,
ул. Двинская, д. 5/7, г. Санкт-Петербург 198035, Россия
e-mail: yuritsvet@mail.ru

Address for correspondence:

Y.N. Tsvetkov
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
Dvinskaya St., 5/7, Saint-Petersburg 198035, Russia
e-mail: yuritsvet@mail.ru

Для цитирования:

Ю.Н. Цветков, Я.О. Фиактистов, Е.Р. Кудрявцева.
Сравнительный анализ кавитационного изнашивания титанового
сплава в морской и пресной воде.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 1. – С. 31–40.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-31-40

For citation:

Y.N. Tsvetkov, Ya.O. Fiaktistov, and Ye.R. Kudryavzeva.
[Comparative Analysis of Cavitation Wear of Titanium Alloy in Fresh
and Sea Water].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 1, pp. 31–40 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-1-31-40

Список использованных источников

1. **Пылаев Н. И., Эдель Ю. У.** Кавитация в гидротурбинах — Л.: Машиностроение. — 1974
2. **Горбаченко Е. О., Цветков Ю. Н.** Использование результатов измерения шероховатости поверхности для прогнозирования долговечности материалов гребных винтов при кавитационном изнашивании // Труды Крыловского государственного научного центра. — 2019 (4), № 390, 53—66
3. **Некоз А. И., Стечишин М. С., Сологуб Н. А., Белый В. И.** Определение износостойкости материалов при кавитационно-эрозионном изнашивании // Проблемы трения и изнашивания. — 1983, № 24, 97—103
4. **Eisenberg P., Preiser H.S., and Thiruvengadam A.** On the Mechanism of Cavitation Damage and Method of Protection // Transactions SNAME. — 1965 (73), 241—286
5. **Иванченко Н.Н., Кольцов А.Н., Пирогов А.М.** О физической природе влияния коррозионных процессов на кавитационное разрушение металлов // Доклады Академии Наук СССР. — 1974 (218), № 5, 1075—1077
6. **Гутман Э.М.** Механохимия металлов и защита от коррозии. — М.: Металлургия. — 1981
7. **Cavanaugh G.M.** Formulae and Methods VI. — Woods Hole, MA: The Marine Biological. — 1975
8. **Зегер А.** Механизм скольжения и упрочнения в кубических гранцентрированных и гексагональных плотноупакованных кристаллах // В сб. Дислокации и механические свойства кристаллов. — М.: Изд-во иностранной литературы. — 1960, 179—268
9. **Tabor D.** The Hardness and Strength of Metals // Journal of the Institute of Metals. — 1951 (79), no. 1, 1—18
10. **Preece K.M. and Brunton J. H.** A Comparison of Liquid Impact Erosion and Cavitation Erosion // Wear. — 1980 (60), 269—284
11. **Скорчеллетти В.В.** Теоретическая электрохимия. — Л.: Химия. — 1974

References

1. **Pylyayev N.I., Edel Y.U.** Kavitatsiya v gidroturbinah. — L.: Mashinostroyeniye. — 1974 (in Russian)
2. **Gorbachenko E.O., Tsvetkov Y.N.** Ispolzovaniye rezultatov izmereniya sherohovatosti poverhnosti dlya prognozirovaniya dolgovechnosti materialov grebnykh vintov pri kavitatsionnom iznashivanii // Trudi Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra. — 2019 (4), № 390, 53—66 (in Russian)
3. **Nekoz A.I., Stechishin M.S., Sologub N.A., Belyi V.I.** Opredeleniye iznosostoykosti materialov pri kavitatsionno-erozionnom iznashivanii // Problemi treniya i iznashivaniya. — 1983, № 24, 97—103 (in Russian)
4. **Eisenberg P., Preiser H.S., and Thiruvengadam A.** On the Mechanism of Cavitation Damage and Method of Protection // Transactions SNAME. — 1965 (73), 241—286
5. **Ivanchenko N.N., Koltsov A.N., Pirogov A.M.** O fizicheskoy prirode vliyaniya korrozionnykh protsessov na kavitatsionnoye razrusheniye metallov // Doklady Akademii Nauk SSSR. — 1974 (218), № 5, 1075—1077 (in Russian)
6. **Gutman E.M.** Mehanohimiya metallov i zashyta ot korrozii. — M.: Metallurgiya. — 1981 (In Russian)
7. **Cavanaugh G.M.** Formulae and Methods VI. — Woods Hole, MA: The Marine Biological. — 1975
8. **Seeger A.** The Mechanism of Glide and Work Hardening in Face-Centered Cubic and Hexagonal Close-Packed Metals // Dislocations and Mechanical Properties of Crystals. — New York: John Willey and Sons. — 1956, 243—329
9. **Tabor D.** The Hardness and Strength of Metals // Journal of the Institute of Metals. — 1951 (79), no. 1, 1—18
10. **Preece K.M. and Brunton J. H.** A Comparison of Liquid Impact Erosion and Cavitation Erosion // Wear. — 1980 (60), 269—284
11. **Skorchelletti V.V.** Teoreticheskaya elektrokhimiya. — L.: Himiya. — 1974 (in Russian)

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