

ФРЕТТИНГ-ИЗНОС СЕЛЕНОВОГО ПОКРЫТИЯ

Лукьянов А.И.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия

Ключевые слова: фреттинг-износ, алюминиевые сплавы, антифрикционные покрытия, трибологические испытания при высоких температурах.

Аннотация. В связи с востребованностью твердосмазочных антифрикционных высокотемпературных покрытий были проведены испытания на фреттинг-износ алюминиевого сплава с нанесенным на него халькогенидом селеном, который хорошо себя зарекомендовал при пропитке углерод-углеродных композитных материалов. Испытания проводились при частоте 50 Гц с нагревом от 20⁰С до 200⁰С с приложением силы от 69 Н до 115 Н. Проведен анализ испытаний в результате которых селеновое покрытие имеет низкую стойкость к воздействию вибраций.

FRETTING-SELENIUM COATING WEAR

Lukyanov A.I.

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

Keywords: fretting wear, aluminum alloys, antifriction coatings, tribological tests at high temperatures.

Abstract. Due to the demand for solid-lubricating antifriction high-temperature coatings, tests were carried out on fretting wear of an aluminum alloy with selenium chalcogenide applied to it, which proved itself well when impregnating carbon-carbon composite materials. The tests were carried out at a frequency of 50 Hz with heating from 20⁰C to 200⁰C with the application of force from 69 N to 115 N. The analysis of the results obtained has been carried out, as a result of which the selenium coating has a low resistance to vibration.

Введение. Работа узлов трения как правило сопровождается вибрациями. В летательных аппаратах широко используются алюминиевые сплавы, обладающие низкой стойкостью к фреттинг-износу, изучению которого уделяется много внимания. В работе [1] исследованы коэффициенты трения антифрикционных покрытий на алюминиевых сплавах применительно к условиям работы узлов трения аэрокосмической техники. В публикации [2] проведен анализ фреттинг-износа в воздушной линии электропередачи: износ при трении проводов стальной сердечник-алюминиевая жила. Создана трехмерная модель по которой можно судить о контактной механике воздушной линии в условиях ветровой вибрации. В статье [3] проведены испытания на износ при разных частотах от 5 Гц до 15 Гц образцов из алюминиевой бронзы. Чем ниже частота, тем выше износ. При повышении частоты образовывалась пленка оксида меди, которая значительно снижала износ. В работе [4-5] исследована пара трения на фреттинг и скользящий износ. Были проанализированы кинетические характеристики, изучены с помощью сканирующего электронного микроскопа и рентгеновского

фотоэлектронного спектрометра. Однако вопросы стойкости к фреттингу алюминиевых сплавов изучены недостаточно. В летательных аппаратах присутствует большое количество деталей из алюминиевых сплавов и поэтому было решено провести испытания на фреттинг-износ образца с химической модификацией поверхности – халькогенидом селеном, в результате которой образовалась пленка. Для испытаний был выбран температурный диапазон от 20 до 200⁰С.

Цель работы состоит в изучении стойкости антифрикционного покрытия на алюминиевом сплаве к фреттинг-износу.

Материалы. В качестве основы для нанесения покрытия был выбран алюминиевый сплав АМц. Химический состав которого, согласно ГОСТ4784-97, приведен в таблице 1.

Табл. 1. Химический состав сплава АМц (%)

Fe	Si	Mn	Al	Cu	Zn	Примеси
До 0,7	До 0,6	1-1,5	96,35-99	0,05-0,2	До 0,1	Каждая 0,05; всего 0,15

Материал покрытия – селен.

Оборудование и технологии. Образец АМц и порошок селена помещались в камеру с индукционным нагревом, где выдерживались 10 минут при 500⁰С. Покрытие изучалось на электронном микроскопе SNE-4500M Plus. Фото на рисунке 1.

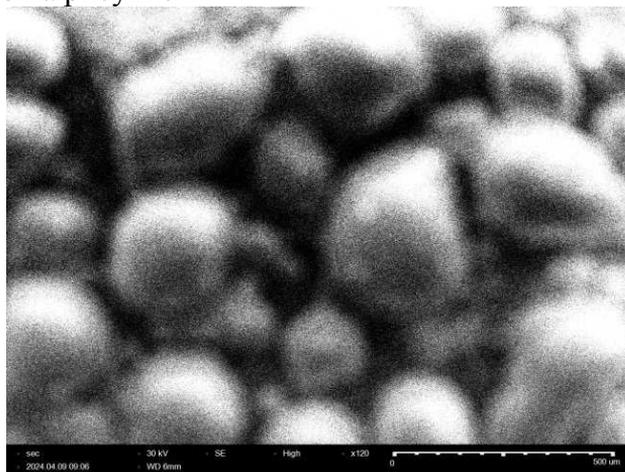


Рис.1. Фото покрытия селена на поверхности образца АМц

Испытания на фреттинг-износ проводились на установке [6] с частотой 50 Гц, амплитудой 3 мм в течении 30 минут при температурном режиме от 20⁰С до 200⁰С. Были испытаны три образца: АМц – чистый образец; АМц – с покрытием селеном и образец из Д16. Графики износа образцов при температуре 200⁰С с увеличением нагрузки от 69 Н до 115 Н показан на рисунке 2.

Видно, что антифрикционное покрытие АМц+Se не обладает износостойкостью и ее величина стремится к износу основы.

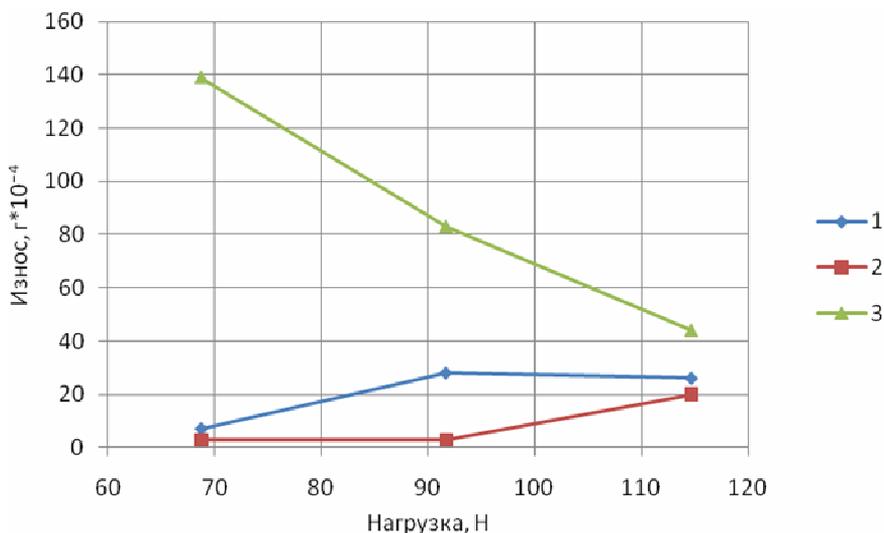


Рис. 2. Износ образцов при фреттинге при температуре 200⁰С материалов:
1 – Амц, 2 –Д16, 3 – Амц+Se

Вывод

- ввиду того, что реакция алюминиевого образца Амц проходила при температуре 500⁰С, что недостаточно для образования селенида алюминия [Al₂Se₃], так как реакция идет при температуре 960⁰С, то селен прореагировал с кислородом оксида алюминия [Al₂O₃], с образованием диоксида селена [Se₂O₂]. Пленкой оксида алюминия покрыты все алюминиевые образцы с содержанием алюминия 96% и выше. Образование диоксида селена идет при достаточно низкой температуре в 250⁰С – отсюда понятно образование пузырчатости на поверхности образца. Еще один признак присутствия диоксида селена – запах гнилой редьки при испытаниях на фреттинг-износ;
- пузырчатое покрытие разрушается при фреттинг-износе ввиду большой хрупкости;
- получение не пузырчатой пленки, состоящей из селенида алюминия проблематично, так как температура плавления алюминиевого сплава Амц – 580-640⁰С.

Список литературы / References

1. Alexander M. Korsunsky, Aghasi R. Torosyan, Kyungmok Kim. Development and characterization of low-friction coatings for protection against fretting wear in aerospace components // Metal Finishing. 2009, vol. 107, iss. 2, pp. 45-52. doi.org/10.1016/S0026-0576(09)80030-5.
2. Zhoukun Shi, Liping Xu, Chunming Deng, Min Liu, Hanlin Liao, Geoffrey Darut, Marie-Pierre Planche, Metal Finishing, Effects of frequency on the fretting wear behavior of aluminum bronze coatings // Surface and Coatings Technology. 2023, vol. 457, pp.1320-1323. doi.org/10.1016/j.surfcoat.2023.129306.
3. He Zhu, Zhaobing Han, Cheng Liu, Yue Zhang, Wenlong Chen, Shengnan Pan, Numerical Analysis of Fretting Wear Characteristics of Aluminum Cable Steel

- Reinforced Strands // Structures. 2023, vol. 55, pp. 1497-1506. doi.org/10.1016/j.istruc.2023.06.102.
4. Zhang, Qiwen Xiong, Yun Cai, Wenzheng Zhai, Mingxin Cai, Zhaobing Cai, Jianyang Zhu, Le Gu, Dry fretting and sliding wear behavior of 7075-T651 aluminum alloy under linear reciprocating motion: A comparative study // Wear. 2023, vol. 526-527, pp. 204-242. doi.org/10.1016/j.wear.2023.204942.
 5. Po Zhang, Liangcai Zeng, Xue Mi, Yan Lu, Shiyuan Luo, Wengzheng Zhai, Comparative study on the fretting wear property of 7075 aluminum alloys under lubricated and dry conditions // Wear. 2021, vol. 474-475, pp. 203-260. doi.org/10.1016/j.wear.2021.203760.
 6. Алисин В.В., Лукьянов А.И., Рошин М.Н. Влияние температуры на фреттинг-изнашивание стальных поверхностей // Вестник машиностроения. –2024. – Т. 103, № 2. – С. 144-147.
 6. Alisin V.V., Lukyanov A.I., Roshchin M.N. Influence of temperature on fretting wear of steel surfaces // Bulletin of Mechanical Engineering. 2024, vol. 103, no. 2, pp. 144-147.

Лукьянов Алексей Игоревич – младший научный сотрудник alexxx0072@rambler.ru	Lukyanov Aleksey Igorevich – junior researcher
---	---

Received 17.04.2024