

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© ЛЕБЕДЕНКО И.Ю., ВОРОНОВ И.А., 2015

УДК 615.46.03:616.31

*Лебеденко И.Ю., Воронов И.А.***РЕЗУЛЬТАТЫ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ ИЗ КАРБИДА КРЕМНИЯ ПОЛУЧИВШЕГО НАЗВАНИЕ «ПАНЦИРЬ»**

Кафедра комплексного зубопротезирования Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова, 127206, Москва

Трибологические испытания образцов в условиях Испытательной лаборатории функциональных поверхностей покрытых и непокрытых защитным покрытием «Панцирь» из карбида кремния проводили методом измерительного скольжения на автоматизированной машине трения (трибометре) TRIBOMETER фирмы CSM Instruments. Результаты трибологических испытаний были обработаны с помощью компьютерной программы Instrum X (CSM Instruments, Швейцария). Профилетрию бороздок износа на отдельных образцах с покрытием и без него с целью определения площади сечения бороздок для последующего расчета приведенного износа образцов проводили на оптическом профилетре WYKO NT1100 фирмы Veeco (США), среди изученных следует выделить с покрытием (Пластмасса (Фторакс)), которые при указанных условиях испытаний проявили весьма низкий (менее 0,1) коэффициент трения при незначительной его амплитуде. Это свидетельствует об установившемся коэффициенте трения, который почти не менялся в течение всего эксперимента (15 000 циклов равное году использования протеза пациентом).

Для этого образца (Пластмасса (Фторакс)) был рассчитан приведенный износ, который составил $9 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{м})$. Такой же образец без покрытия показал износ более чем вдвое выше ((1.4-0,9)/0.9).

Ключевые слова: карбид кремния; защитное покрытие; трение; трибологические испытания.

Для цитирования: *Российский стоматологический журнал. 2015; 19(6): 4–6.*

*Lebedenko I. Yu., Voronov I. A.***RESULTS OF TRIBOLOGICAL TESTS OF SAMPLES OF DENTAL MATERIALS WITH PROTECTIVE COATING OF SILICON CARBIDE KNOWN AS "PANTSIR"**

Department of integrated prosthetics A. I. Evdokimov Moscow state medical-dental University, 127206, Moscow

Tribology tests of standards in the conditions of the Proof-of-concept laboratory of functional surfaces covered and uncovered by sheeting «Pantsyr» from the carbide of silicon was conducted by the method of the measuring skidding on the automated machine of friction(tribometer) of TRIBOMETER of firm CSM Instruments. The results of tribology tests treated by means of the computer program Instrum X (CSM Instruments, Switzerland). Profilometric research of furrows of wear on separate standards with coverage and without him with the purpose of determination of area of furrows for a subsequent calculation the brought wear over of standards conducted on the optical profilometer of WYKO NT1100 firm Veeco(THE USA), Among studied it is necessary to distinguish a with coverage(Plastic(Ftoraks)), that at the indicated terms of tests showed very subzero(less than 0,1) constant of friction at his insignificant amplitude. It testifies to set constant of friction that did not almost change during all experiment (15000 cycles equal to the year of the use of prosthetic appliance a patient

For (Plastic (Ftoraks)), the brought wear over, that made $9 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{м})$ The same standard without coverage showed a wear more than twice higher ((1.4-0,9)/0.9), was expected.

Key words: silicon carbide; protective coating; friction; tribology tests.

Citation: *Rossiyskiy stomatologicheskiy zhurnal. 2015; 19(6) 4–6.*

Введение. Для защиты зубных протезов от биодеструкции и изоляции базиса протезов от бактерий разработано новое нанопокрывание «Панцирь» заявка на патент № 2013127770 от 19 июня 2013 г. из карбида кремния и способ нанесения его на пластмассы. Покрытие наносится на пластмассы методом ионноплазменного напыления и обладает высокими техническими параметрами и хорошей адгезией к ряду материалов.

Цель исследования – проведение трибологических испытаний образцов стоматологических материалов, покрытых и непокрытых защитным покрытием «Панцирь» из карбида кремния методом измерительного скольжения (трибоиспытания) для определения износостойкости покрытия.

Образцы и методы исследования:

На испытания в Испытательную лабораторию функциональных поверхностей (ИЛФП) НИТУ «МИСиС» поступили образцы пластмассы (Фторакс).

Трибологические испытания образцов в условиях ИЛФП проводили методом измерительного скольжения на автоматизированной машине трения (трибометре) TRIBOMETER (рис. 1) фирмы CSM Instruments (Швейцария).

Метод [1] основан на измерении тензодатчиком силы трения, возникающей при взаимном перемещении прижатых друг к другу с заданным усилием испытываемых поверхностей (плоский образец – сферическое контртело) на воздухе или в жидкости. При испытании образец совершает

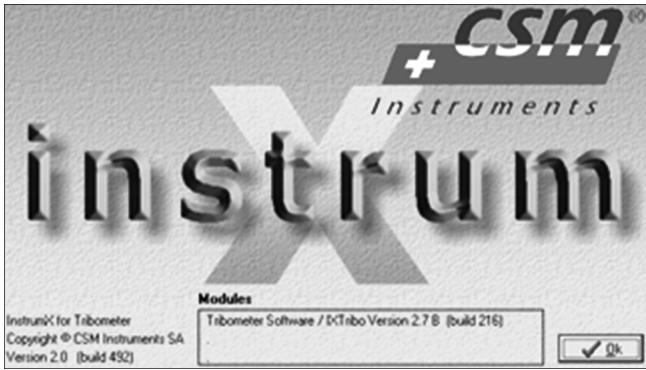


Рис. 2. Окно программного обеспечения.

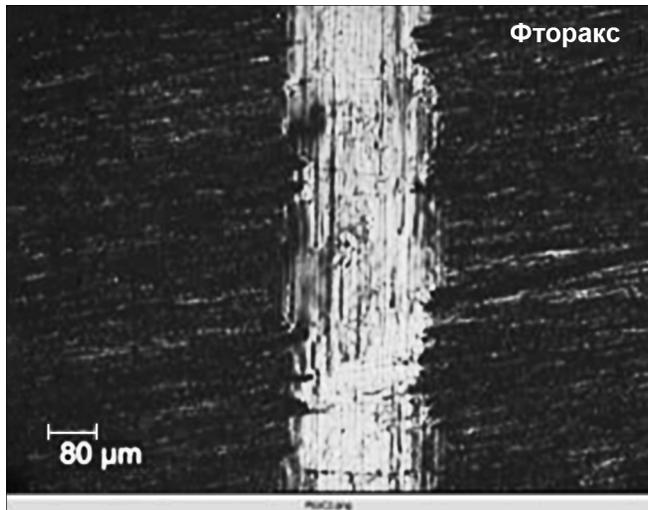


Рис. 5. Бороздка износа образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс».

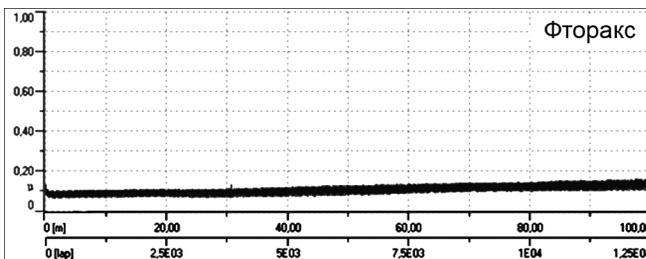


Рис. 6. Зависимость величины коэффициента трения образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» от пробега в машине трения.

По оси абсцисс – число циклов пробега, по оси ординат – величина коэффициента трения.

движение, а сферическое контртело (шарик) фиксируют неподвижно в стержневом держателе из нержавеющей стали, который передает ему заданную нагрузку и связан с датчиком силы трения. Данные испытания соответствуют международным стандартам (ASTM G99-05(2010) [2], ASTM G133-05(2010) [3], DIN50324 [4]) и могут быть использованы для оценки износостойкости образца и контртела. Непосредственно в процессе испытаний определяют коэффициент трения трущейся пары, который равен отношению измеренной силы трения к усилию прижима. Износостойкость оценивают по результатам наблюдений бороздки износа (на образце) и пятна износа (на контртеле - шарике).

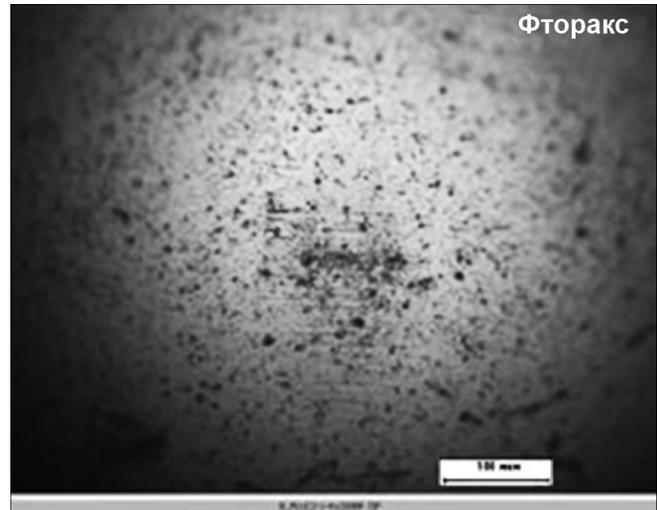


Рис. 7. Пятно износа на контртеле после испытания на машине трения образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс».

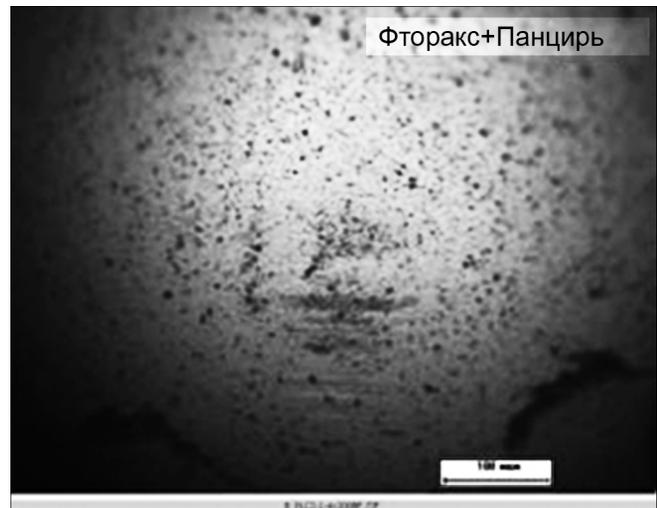


Рис. 8. Пятно износа на контртеле после испытания на машине трения образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь».

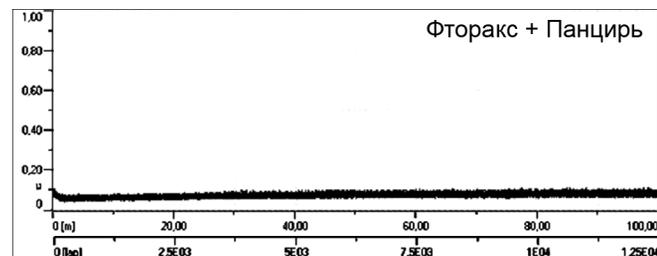


Рис. 9. Зависимость величины коэффициента трения образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь» от пробега в машине трения.

По оси абсцисс – число циклов пробега, по оси ординат – величина коэффициента трения.

Таким образом, комплексное трибологическое исследование включает запись значений коэффициента трения при испытании по схеме неподвижный стержень – вращаемый диск, а также фрактографическое исследование, в том

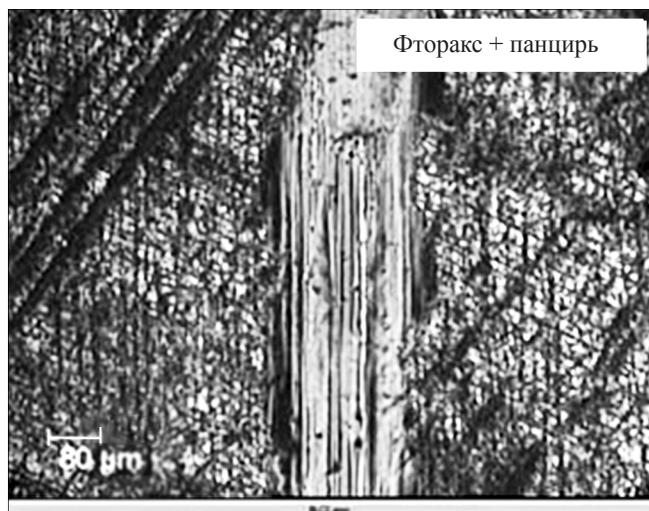


Рис. 10. Бороздка износа образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь».

числе измерения площади сечения бороздки износа и пятна износа, по результатам которого проводят расчет износа образца и контртела.

Результаты и обсуждение

Результаты трибологических испытаний обработаны с помощью компьютерной программы Instrum X (рис. 2) (CSM Instruments, Швейцария). Усредненные значения коэффициента трения исследованных образцов приведены в табл. 2 (п.4).

Экспериментальные зависимости коэффициента трения исследованных образцов от пробега, микроснимки пятна износа на контртеле и бороздок износа на образцах по результатам трибологических испытаний, полученные при помощи видеомикроскопа в составе адгезиметра Revetest (рис. 3) фирмы CSM Instruments (Швейцария).

Профилометрию бороздок износа на отдельных образцах с покрытием и без него с целью определения площади сечения бороздок для последующего расчета приведенного износа образцов проводили на оптическом профилометре WYKO NT1100 (рис. 4) фирмы Veeco (США), № 42997-09 в Государственном реестре средств измерений (ГРСИ).

Далее отмечены результаты трибологических испытаний (экспериментальные зависимости коэффициента трения исследованных образцов от пробега, микроснимки пятна износа на контртеле и бороздок износа на образцах по результатам трибологических испытаний, полученные при помощи видеомикроскопа в составе адгезиметра Revetest фирмы CSM Instruments, Швейцария). Количественные данные обработаны с помощью компьютерной программы Instrum X фирмы CSM Instruments, Швейцария.

Исследование износостойкости образцов базисов зубных протезов из пластмассы «Фторакс» на машине трения показало, что максимальный износ образца составил $1,4 \cdot 10^{-5}$ мм³/Н/м (рис. 5). Максимальное значение коэффициента трения было 0,16, среднее значение 0,11, конечное (после 12500 циклов эксперимента) – 0,13. На рис. 6 представлена зависимость коэффициента трения исследованных образцов из пластмассы «Фторакс» от пробега в машине трения.

На рис. 7 представлен микроснимок пятна износа на контртеле (металлический шарик) после испытания на машине трения образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс».

На рис. 8 представлен микроснимок пятна износа на контртеле (металлический шарик) после испытания на машине трения образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь».

Визуальный анализ микроснимков позволяет заключить о меньшем износе контртела при контакте с покрытием из карбида кремния «Панцирь». Это можно объяснить меньшей величиной коэффициента трения образцов базисов зубных протезов из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь». Зависимость величины коэффициента трения образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь» от пробега в машине трения представлена графически на рис. 9. Максимальная величина коэффициента трения для этих образцов составила 0,12, средняя 0,08, конечная (после 12500 циклов) – 0,09. Износ образца составил $0,9 \cdot 10^{-5}$ мм³/Н/м (рис. 10).

На рис. 11 и 12 представлены трехмерное изображение бороздки износа на образце базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» без покрытия, а также его профилограмма.

Рис. 13 и 14 отражают трехмерное изображение бороздки износа на образце базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь» и его профилограмму в двухмерном и графическом виде.

Выводы

Обобщая результаты трибологических исследований, мы пришли к заключению о существенных изменениях коэффициента трения и износостойкости изученных образцов базисов зубных протезов из пластмассы «Фторакс» без покрытия и с покрытием «Панцирь». Покрытие из карбида кремния «Панцирь» значительно уменьшает износ поверхности базиса зубного протеза с $1,4 \cdot 10^{-6}$ мм³/(Н/м) до $9 \cdot 10^{-7}$ мм³/(Н/м). Заслуживает особого внимания установленная нами низкая величина коэффициента трения образцов с покрытием «Панцирь» – меньше 0,1, что крайне положительно характеризует новый материал с позиций трибологии. Нанесение покрытия «Панцирь» на образец акрилового базиса зубного протеза снижает коэффициент трения в 1,4 раза с 0,13 до 0,09, что имеет большое значение для практики ортопедической стоматологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петржик М.И., Левашов Е.А. Современные методы изучения функциональных поверхностей перспективных материалов в условиях механического контакта. *Кристаллография*. 2007; 52(6): 1002–10.
2. ASTM G99-05(2010) Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus.
3. ASTM G133-05(2010) Standard Test Method for Linearly Reciprocating Ball-on-Flat Sliding Wear.
4. DIN50324 Measuring Friction and Wear: Model Experiments on Sliding Friction in Solids (Ball on Disc System).

Поступила 01.10.15

REFERENCES

1. Petrzhik M.I., Levashov E.A. Modern methods of studying the functional surfaces of advanced materials in a mechanical contact. *Kristallografiya*. 2007; 52(6): 1002–10. (in Russian)
2. ASTM G99-05(2010) Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus.
3. ASTM G133-05(2010) Standard Test Method for Linearly Reciprocating Ball-on-Flat Sliding Wear.
4. DIN50324 Measuring Friction and Wear: Model Experiments on Sliding Friction in Solids (Ball on Disc System).

Received 01.10.15

К ст. Лебеденко И.Ю. и соавт.

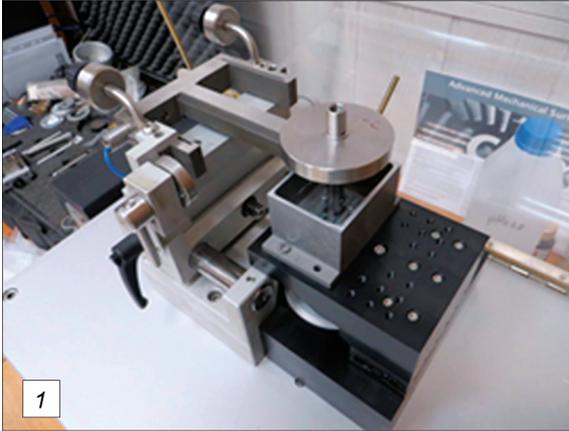


Рис. 1. Автоматизированная машина трения (трибометр) TRIBOMETER.



Рис. 3. Оптический микроскоп в составе адгезиметра Revetest.

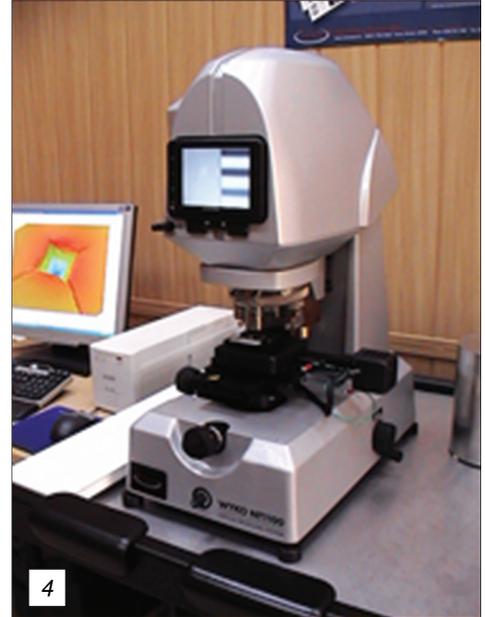


Рис. 4. Оптический профилометр WYKO NT1100.

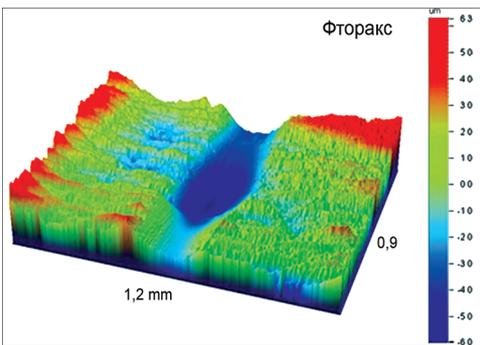


Рис. 11. Трехмерное изображение бороздки износа образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» без покрытия.

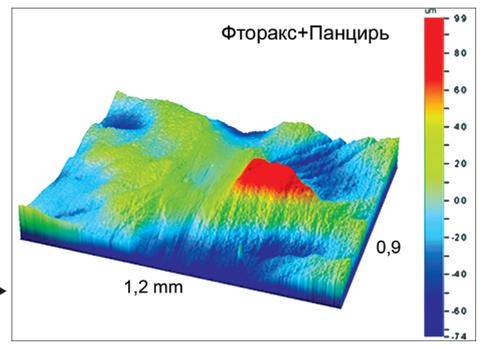


Рис. 13. Трехмерное изображение бороздки износа образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь».

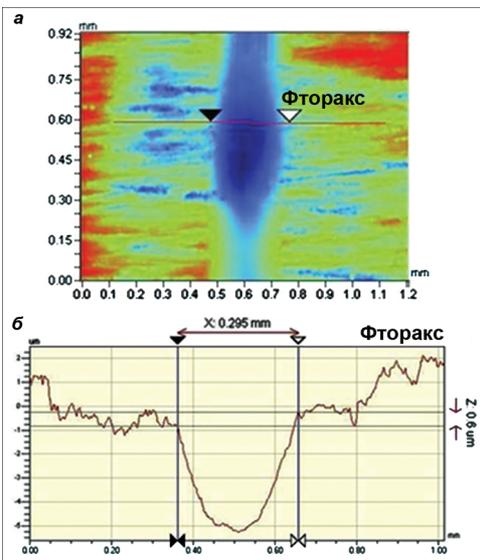


Рис. 12. Двухмерная (а) и графическая (б) профилограммы бороздки износа образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» без покрытия.

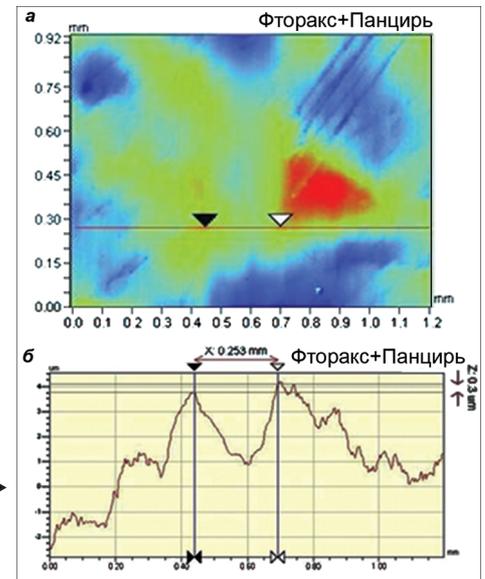


Рис. 14. Двухмерная (а) и графическая (б) профилограммы бороздки износа образца базиса зубного протеза из пластмассы «Фторакс» с покрытием «Панцирь».

К ст. Зязикова М.Д. и соавт.

Рис. 1. Нагрузка $F = 50 \text{ Н}$ под углом 45° на окклюзионную поверхность зуба.

