

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© ВОРОНОВ И.А., 2016

УДК 615.47.03:616.31

Воронов И.А.

НАНОТВЕРДОСТЬ БАЗИСНОГО МАТЕРИАЛА «ФТОРАКС», ПОКРЫТОГО КАРБИДОМ КРЕМНИЯ

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

Покрытие «Панцирь» – тонкослойное пленочное покрытие карбида кремния, для изучения его твердости использовали сканирующий нанотвердомер «НаноСкан-3D». Для изучения нанотвердости покрытия изготовлены образцы из пластмассы «Фторакс», на половину которых было нанесено покрытие толщиной 1600 нм. Измерения проводили в 5 произвольно взятых точках на поверхности пластмассовых образцов без покрытия и с покрытием при нагрузке на индентор 1 мН. В результате изучения нанотвердости образцов базисов зубных протезов из пластмассы «Фторакс» без покрытия и с ионно-плазменным карбидокремниевым покрытием «Панцирь» с помощью аппарата «Нано Скан 3D» при нагрузке на индентор 1 мН установлено, что параметры нанотвердости образцов базисов после нанесения покрытия «Панцирь» повышаются в 1,4 раза, достигая значений 310 ± 9 МПа. Этот результат свидетельствует о значительном упрочнении поверхности базиса протеза, что обеспечивает, по-видимому, и высокую износостойкость.

Ключевые слова: карбид кремния; защитное покрытие; нанотвердость.

Для цитирования: Воронов Игорь Анатольевич. Нанотвердость базисного материала «Фторакс», покрытого карбидом кремния. Российский стоматологический журнал. 2016; 20 (1): 4-6. DOI 10.18821/1728-2802 2016; 20 (1): 4-6

Voronov I.A.

ANOTHERDATE BASE MATERIAL «FTORAKS», COVERED WITH SILICON CARBIDE

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

Taking into account that the coating «Pantsyr» is a thin layer of film coating of silicon carbide, to study its hardness was used scanning nanohardness «NanoScan-3D». To study our nanohardness coating samples were produced from plastic «Ftoraks», half of which was coated with a thickness of 1600 nm. Measurements were carried out in 5 randomly selected points on the surface of the plastic samples uncoated and coated with a load on the indenter 1 mN. V result of the study sample nanohardness bases dentures made of plastic «Ftoraks» uncoated and ion-plasma silicon carbide-coated «Pantsyr» with the help of apparatus «Nano Scan 3D» we are under a load of 1 mN to the indenter; we found that the parameters of the samples nanohardness bases after coating «Pantsyr» increased 1.4 times, reaching values of 310 ± 9 MPa. This result indicates a significant hardening of the surface of the denture base that provides apparently and high wear resistance.

Key words: silicon carbide; protective coating; nanohardness.

For citation: Voronov Igor 'Anatol'evich. Anotherdate base material «Ftoraks», covered with silicon carbide. Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal. 2016; 20 (1): 4-6. DOI 10.18821/1728-2802 2016; 20 (1): 4-6

For correspondence: Voronov Igor 'Anatol'evich, implant surgeon, orthopedist, candidate of medical Sciences, corresponding member of Academy of medical and technical Sciences, E-mail: voronov77@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received 25.10.15

Accepted 28.10.15

Введение

Для защиты зубных протезов от биодеструкции и изоляции базиса протезов от бактерий разработано новое напыление «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 – определение нанотвердости образцов стоматологического материала из пластмассы «Фторакс» с защитным покрытием из карбида кремния, получившего название «Панцирь», на сканирующем нанотвердомере «НаноСкан-3D».

Образцы и методы исследования. Для изучения нанотвердости покрытия изготовлены образцы из пластмассы «Фторакс», на половину которых наносили покрытие толщиной 1600 нм. Измерения проводили в 5 произвольно взятых точках на поверхности пластмассовых образцов без покрытия и с покрытием при нагрузке на индентор 1 мН.

Принимая во внимание, что покрытие «Панцирь» является тонкослойным пленочным покрытием карбида кремния, для изучения его твердости использовали сканирующий нанотвердомер «НаноСкан-3D» (измерение проводили в ФГБНУ Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов (ФГБНУ ТИСНУМ), Москва, г.о.

Для корреспонденции: Воронов Игорь Анатольевич, хирург-имплантолог-ортопед, канд. мед. наук, член-корр. Академии медико-технических наук, E-mail: voronov77@mail.ru

Троицк, зав. лаб. Усеинов А.С.) (рис. 1 на вклейке). Данный прибор предназначен для исследования рельефа и структуры поверхностей и измерения механических свойств (твердости и модуля упругости) материалов и тонких пленок в субмикронном и нанометровом масштабе.

Сканирующий наноиндентометр «НаноСкан» работает на принципах сканирующей зондовой микроскопии и наноиндентирования. Отличие данного прибора от классических заключается, в частности, в том, что «НаноСкан» способен осуществлять контролируемое силовое воздействие на исследуемые структуры величиной от нескольких микроньютонов до сотен миллиньютонов. Не уступая классическим наноиндентометрам по возможности измерения твердости, «НаноСкан» существенно превосходит их по качеству получаемых в процессе сканирования изображений поверхности исследуемого материала.

Сканирующие наноиндентометры «НаноСкан» позволяют получать изображения трехмерного рельефа поверхности методом сканирующей зондовой микроскопии. Сканирование производится в полуконтактном режиме алмазным наконечником, закрепленным на пьезокерамическом зонде. Зонд совершает резонансные колебания на частоте $f \sim 10$ кГц и с амплитудой $A < 50$ нм. В процессе сканирования поддерживается постоянная частота f или амплитуда A колебаний. Размер максимального окна сканирования составляет $100 \times 100 \times 10$ мкм. Фактическое разрешение, достигаемое при сканировании, ограничивается радиусом пятна контакта наконечника с поверхностью и составляет порядка 10 нм в плоскости XY и не хуже 1 нм по оси Z , что типично для сканирующих силовых микроскопов, работающих на воздухе. Однако все исследования стоматологических материалов методически проводились в достаточно больших микрообъемах материала и при достаточно больших нагрузках, что позволило получить лишь некоторые усредненные оценки измеряемых параметров. В данной работе изучены нанометровые приповерхностные слои материалов на глубине от десятков до сотен нанометров. В результате существенно повышена достоверность оценки параметров твердости.

Наибольшее распространение получил метод измерения твердости вдавливанием в поверхность материала индентора определенной формы, деформацией которого можно пренебречь [1]. Он заключается в следующем: твердая игла известной формы вдавливается в поверхность образца с постоянной скоростью. При достижении заданной нагрузки или глубины вдавливания игла отводится в обратном направлении [2]. В процессе нагружения производится запись значений нагрузки и соответствующего ей смещения иглы. Результирующая зависимость называется кривой нагружения–вдавливания (рис. 2 на вклейке).

Для анализа кривых могут использоваться применяться разные подходы, при этом в большинстве случаев используется участок кривой, соответствующий разгрузке, как, например, в нашей работе. Для расчета твердости пользовались методом, предложенным W.C. Oliver и G.M. Pharr [3].

В рамках данного метода твердость образца H рассчитывали с помощью уравнения:

$$H = P_{\max} / A_c, \quad (1)$$

где A_c – площадь проекции отпечатка при максимальном значении приложенной нагрузки $P_{\max}$.

Площадь контакта при максимальной нагрузке A_c опреде-

Результаты измерения нанотвердости образцов базисов зубных протезов

Показатель	Наноиндентирование, 1 мН	
	без покрытия, Н, ГПа	с покрытием, Н, ГПа
Образцы базисов из пластмассы «Фторакс»	0,22±0,1	0,31±0,09

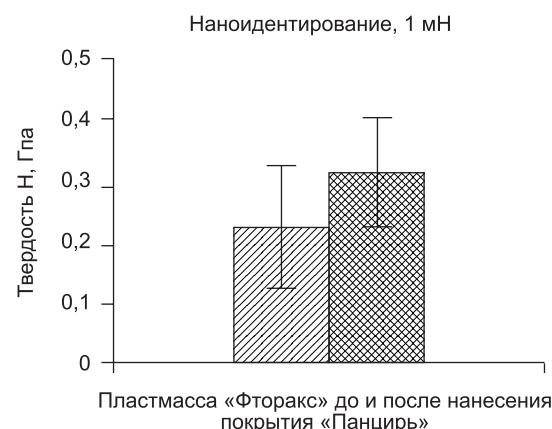


Рис. 3. Результаты наноиндентирования образцов пластмассовых базисов зубных протезов без покрытия и с покрытием «Панцирь».

ляется геометрией индентора и глубиной контакта h_c и описывается так называемой функцией формы иглы $A_c = f(h_c)$, которая определяется при калибровке индентора на эталонном образце.

Данный метод является неразрушающим и позволяет проводить корректные измерения твердости в широком диапазоне значений самых различных материалов от мягких биологических до сверхтвердых алмазоподобных [4]. При этом минимальный размер участка для измерений составляет всего 20 нм.

Результаты

В результате изучения нанотвердости образцов базисов зубных протезов из пластмассы «Фторакс» без покрытия и с ионно-плазменным карбидокремниевым покрытием «Панцирь» с помощью аппарата «Нано Скан 3D» при нагрузке на индентор 1 мН мы установили, что параметры нанотвердости образцов базисов после нанесения покрытия «Панцирь» повышаются в 1,4 раза, достигая значений 31 ± 9 МПа, по сравнению с образцами без нанесения покрытия – 22 ± 10 .

Обсуждение

Этот результат свидетельствует о значительном упрочнении поверхности базиса протеза, что обеспечивает, по-видимому, и высокую износостойкость (см. таблицу, рис. 3).

Заключение

Параметры нанотвердости образцов базисов после нанесения покрытия «Панцирь» повышаются в 1,4 раза, достигая значений 31 ± 9 МПа. Этот результат свидетельствует о значительном упрочнении поверхности базиса протеза, что обеспечивает, по-видимому, их высокую износостойкость.

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хрущев М.М. Трение, износ и микротвердость материалов: Избранные работы (к 120-летию со дня рождения) / Отв. ред. И.Г. Горячева. М.: КРАСАД; 2012.
2. ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников. Введен 1977-01-01. М.: Издательство стандартов; 1976.
3. Oliver W.C., Pharr G.M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments. *J. Mater. Res.* 1992; 7 (06): 1564–83.
4. Oliver W.C., Pharr G.M. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology. *J. Mater. Res.* 2004; 19 (01): 3–20.

REFERENCES

1. Khrushchev M.M. *Friction, Wear and Microhardness of Materials: Selected Works (to the 120th Anniversary of his Birth). [Trenie, iznos i mikroverdst' materialov: Izbrannye raboty (k 120-letiyu so dnya rozhdeniya)]* / Ed. I.G. Goryacheva. Moscow: KRASAD; 2012. (in Russian)
2. GOST 9450-76. *Measurement of Microhardness Indentation of Diamond Tips. Introduced 1977-01-01*. Moscow: Izdatel'stvo standartov; 1976. (in Russian)
3. Oliver W.C., Pharr G.M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation. *J. Mater. Res.* 1992; 7 (06): 1564–83.
4. Oliver W.C., Pharr G.M. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology. *J. Mater. Res.* 2004; 19 (01): 3–20.

Поступила 25.10.15

Принята к печати 28.10.15

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

УДК 616.314—089.23 (07)

Гаража С.Н., Чвалун Е.К., Гришилова Е.Н., Хачатуров С.С., Готлиб А.О., Рахаева Д.Ю.

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НЕСЪЕМНЫХ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ С МЕДИАЛЬНОЙ ОПОРОЙ

ГБОУ ВПО «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, 355017, г. Ставрополь, Россия

В статье обоснованы особенности конструкции и биомеханики несъемных зубных протезов с односторонней медиальной опорой на основании результатов математического моделирования. Рассмотрена модель челюсти пациента, содержащая резцы, клыки и первые премоляры. Для достижения максимальной репрезентативности для клинического применения данных, полученных в результате математического моделирования, в виртуальную модель введен ряд наиболее важных параметров биологического прототипа: размеры и физиологическая подвижность зубов, форма и размеры зубного ряда, геометрические характеристики его дефектов, физические характеристики костной ткани и пародонта, закрепление челюсти в крайних узлах и в узлах предполагаемого крепления жевательной мускулатуры. При восстановлении несъемным протезом с односторонней опорой одного жевательного зуба обоснованным соотношением между количеством искусственных и опорных зубов является 1:3. При восстановлении консольной части несъемного протеза без дистальной опоры двух жевательных зубов с одной или с двух сторон зубного ряда опорная структура должна объединять не менее шести зубов, стабилизированных по дуге.

Ключевые слова: несъемные зубные протезы; биомеханика; односторонняя опора; математическое моделирование.

Для цитирования: Гаража С.Н., Чвалун Е.К., Гришилова Е.Н., Хачатуров С.С., Готлиб А.О., Рахаева Д.Ю. Биомеханические и конструктивные особенности несъемных зубных протезов с медиальной опорой. *Российский стоматологический журнал*. 2016; 20(1): 6-9. DOI 10.18821/1728-2802 2016; 20(1): 6-9

Garazha S.N., Chvalun E.K., Grishilova E.N., Hachaturov S.S., Gotlib A.O., Rahaeva D. Yu.

BIOMECHANICAL AND DESIGN FEATURES OF NON-REMOVABLE DENTURES WITH MEDIAL SUPPORT

«Stavropol State Medical University» 355017, Stavropol, Russia

In the article the design features and biomechanics of fixed dentures with unilateral medial support on the basis of mathematical modeling. A model of the patient's jaw containing the incisors, canines and first premolars. To achieve maximum representation of data for clinical applications, the resulting mathematical simulation in the virtual model introduced a number of the most important biological parameters of the prototype: the size and physiological mobility of the teeth, the shape and dimensions of the dentition, the geometrical characteristics of the defects of the dentition, the physical characteristics of the bone and periodontal, fixing jaw in extreme nodes and nodes, the alleged fixing of the masticatory muscles. When you restore a fixed prosthesis with unilateral support of chewing teeth reasonable ratio between the number of artificial and abutments is one in three. When restoring the cantilevered portion of the prosthesis without distal nonremovable support two posterior teeth on one or both sides of the denture support structure consists of at least six teeth along the arc stabilized.

Key words: non-removable dentures; biomechanics; one-sided support; mathematical modeling.

For citation: Garazha S.N., Chvalun E.K., Grishilova E.N., Hachaturov S.S., Gotlib A.O., Rahaeva D. Yu. Biomechanical and design features of non-removable dentures with medial support. *Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal*. 2016; 20(1): 6-9. DOI 10.18821/1728-2802 2016; 20(1): 6-9

For correspondence: Grishilova Elena Nikolaevna, cand. med. sci., assistant of the Department of propaedeutics of dental diseases "Stavropol state medical University", E-mail: elenkastom@yandex.ru.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received 03.04.15

Accepted 28.10.15

Для корреспонденции: Гришилова Елена Николаевна, канд. мед. наук, ассистент кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний «Ставропольского государственного медицинского университета», E-mail: elenkastom@yandex.ru

К ст. Воронова И.А.



Рис. 1. Сканирующий нанотвердомер «НаноСкан-3D».

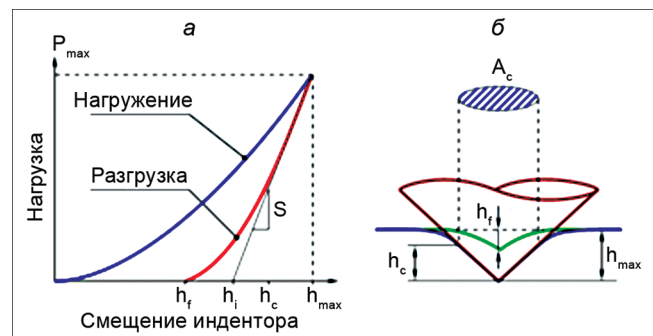


Рис. 2. Общий вид кривой нагружения (а) и схема контакта индентора с поверхностью (б).

К ст. Абдусаламова М.Р. и соавт.



Аппарат литотриптер Modulith SLK (а), положение головки литотриптера для дробления камня в поднижнечелюстной железе слева (б).

К ст. Дубовой Л.В. и соавт.



Рис. 1. Съёмный пластиночный зубной протез из нового отечественного базисного материала «Нолатек» пациентки Х., 58 лет (основная группа).



Рис. 2. Съёмный бюгельный зубной протез с седловидной частью из нового базисного материала «Нолатек» пациентки У., 53 лет (основная группа).