

**В. И. Шемонаев, А. С. Столярчук\*, Е. В. Кузнецова, А. Ф. Трудов\***

ВолГМУ, ВолГТУ\*

## **АНАЛИЗ МИКРОТВЕРДОСТИ ГНУТОГО ПРОВОЛОЧНОГО КЛАММЕРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ОБРАБОТКИ**

УДК 616.314-089.23

Проведенный сравнительный анализ прочности образцов после различных технологий обработки гнутого проволочного кламмера показал статистически достоверное снижение прочностных характеристик после плазменного напыления на его поверхность нитридов циркония или титана.

*Ключевые слова:* гнутый кламмер, съемный пластиночный протез, микротвердость.

**V. I. Shemonayev, A. S. Stolyarchuk\*, E. V. Kuznetsova, A. F. Trudov\***

## **MICROHARDNESS ANALYSIS OF BENT WIRE DENTURE CLASP DEPENDING ON ITS TREATMENT TECHNOLOGY**

The comparative analysis of durability of samples after different technologies of bent wire denture clasp treatment yielded a statistically significant reduction in its density characteristics after titanium and zirconium nitride plasma spraying on its surface.

*Key words:* bent denture clasp, removable partial denture, microhardness.

В последнее время в демографической структуре населения страны отчетливо отмечается смещение в сторону увеличения лиц пожилого и старческого возраста. Если в пятидесятых годах двадцатого века их доля составляла около 9,4 %, то к началу нового столетия — уже 25—30 % [1]. С возрастом количество утраченных зубов в среднем на одного человека увеличивается. В этой связи увеличивается потребность населения в стоматологической ортопедической помощи. Так нуждаемость в ней у пожилых людей достигает 96,9 % [6]. По мере утраты зубов и увеличения протяженности дефекта зубного ряда расширяются показания к применению съемных пластиночных протезов.

Съемные пластиночные протезы достаточно часто используются стоматологами-ортопедами для лечения пациентов с частичным отсутствием зубов (частичной вторичной адентией). Причина этого, на наш взгляд, заключена в самой технологии изготовления таких протезов: она доступна и по стоимости применяемых материалов, и по времени, которое требуется для технологического цикла.

В качестве фиксирующих элементов в конструкции съемных пластиночных протезов традиционно используют проволочные гнутые кламмеры [4]. Однако их применение, особенно на видимых поверхностях передних зубов, резко ухудшает эстетическое восприятие улыбки пациента (рис. 1).

Для «маскировки» металлического цвета кламмеров в практике ортопедической стоматологии применяют защитно-декоративное покрытие их посредством технологии плазменного напыления

на поверхность проволоки нитридов различных металлов (цирконий, титан). Однако клинический опыт показывает, что удерживающие проволочные кламмеры, обработанные таким способом, теряют свои упруго-прочностные характеристики и подвергаются преждевременному разрушению (рис. 2).



Рис. 1. Положение кламмера на опорном 43 зубе



Рис. 2. Отлом кламмера

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение влияния на микротвердость (коррелирующую с прочностью) удерживающих гнутых проволочных кламмеров, изготовленных из стали марки 12Х18Н10Т, различных технологий их предварительной обработки.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения прочностных характеристик стали 12Х18Н10Т, используемой в качестве материала кламмеров в ортопедической стоматологии, принят метод измерения микротвердости [3, 5]. Микротвердость (*HV*) изучалась посредством внедрения алмазной пирамиды в предварительно полированную поверхность образца на приборе «ПМТ-3» при рабочей нагрузке  $200 \text{ Гс} = 1,96 \text{ Н}$  с последующим измерением диагоналей полученных отпечатков. Для гарантии достоверности результатов на каждом исследованном образце наносилось 20 отпечатков, причем проводилось троекратное измерение каждой из двух диагоналей отпечатка. Таким образом, выборка составляла величину  $n = 120$ . Несмотря на такую, достаточно представительную выборку, проводилась специальная статистическая обработка [7] полученных результатов механических испытаний с установлением основных статистик экспериментальных величин микротвердости, стандартной ошибки опыта, а также построением функции плотности распределения *HV*.

В качестве экспериментальных образцов для сравнительного изучения прочности приняты три вида: исходное состояние кламмерной проволоки (после поставки ее от производителя); напыление на ее поверхность нитрида титана (*TiN*); напыление нитрида циркония (*ZrN*). Для нанесения на поверхность нитридов на установке «Булат-6» применялись следующие технологические режимы операции. Напыление производилось в среде азота при температуре анода (проволоки) и катода (титан или цирконий) 500—550 °С (температура плазмы порядка 20000 °С) в течение 10—12 мин при давлении в камере установки  $2 \times 10^{-5}$  мм ртутного столба. Толщина образующегося при таких режимах покрытия составляла 5—6 мкм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты в комплексе со статистическими параметрами оценки микротвердости для исследованных выборок представлены в табл. Проведенный сравнительный анализ показал статистически достоверное (стандартная ошибка не превосходит величины 0,3 %) падение прочности металла кламмеров при оценке по средней величине микротвердости после плазменного напыления нитридов. Наибольшее падение (до 45 %)

наблюдается после напыления нитрида титана. Это падение связано, с одной стороны, с температурно-временным влиянием технологии напыления, отражающимся на структуре стали (в частности, на размере зерна поликристаллического структурного состояния стали) и, с другой, с возможным при этом выпадением по границам зерен, отрицательно влияющих на прочность материала кламмера химических соединений. Изучение названных причин падения прочности представляет самостоятельный интерес и выходит за рамки настоящего исследования.

### Результаты исследований микротвердости проволочного кламмера

Технология	Средняя величина <i>HV</i> , МПа	Падение прочности по отношению к исходному состоянию, %	Среднеквадратическое выборочное отклонение, МПа	Относительная стандартная ошибка измерения, %
Исходное состояние	3947	—	89,5	0,2
Напыление нитрида циркония	2697	32	118	0,3
Напыление нитрида титана	2165	45	48,5	0,2

При статистической оценке результатов механических испытаний, как известно [2, 7], особое внимание следует обращать на исследование функций плотности распределения исследуемого параметра. На рис. 3 и 4 приведены гистограммы величин микротвердости, на которые наложены функции плотности распределения.

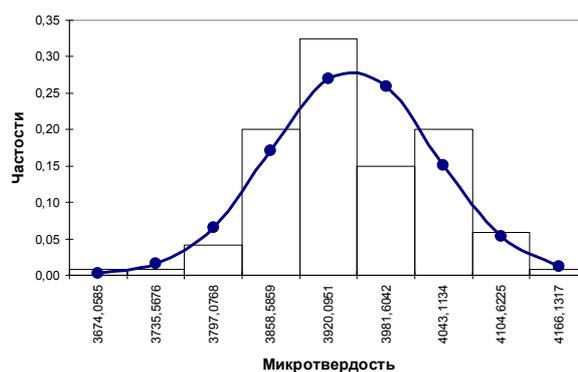


Рис. 3. Гистограмма и экспериментальная функция плотности распределения (по Гауссу) микротвердости материала кламмера в исходном состоянии

Статистический анализ показал, что в исходном состоянии не отвергается закон нормального распределения (закон Гаусса), однако после плазменного напыления, как видим, происходят некоторые искажения функции плотности распределения (снижается максимум и появляется асимметрия — нитрид циркония), по сравнению с исходным состоянием. Эти искажения, по нашему мне-

нию, как и отмеченное выше падение средней величины микротвердости также могут являться следствием технологии предварительной обработки, то есть плазменного напыления поверхностных покрытий. Аналогичное явление ранее нами наблюдалось [2] при специальном изучении влияния состояния поверхностного слоя на статистический характер мезодеформаций и прочность металлов при циклических нагружениях.

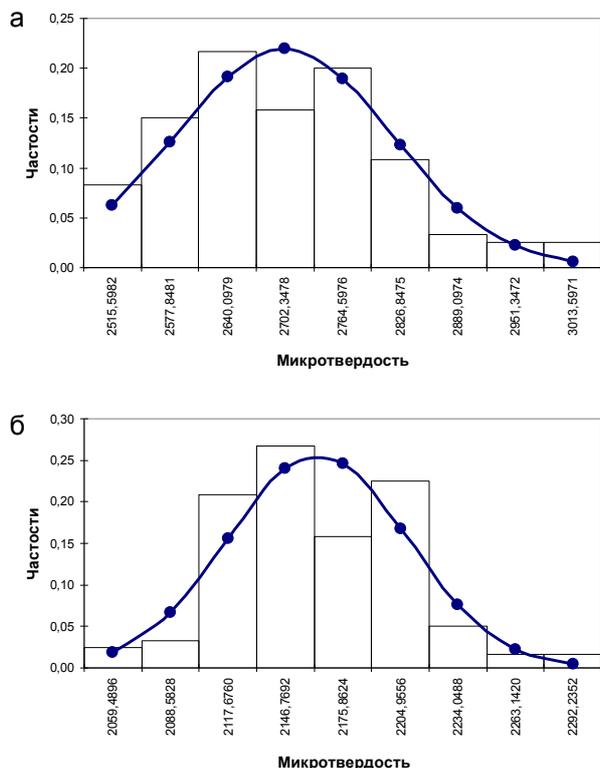


Рис. 4. Гистограммы и экспериментальные функции плотности распределения (по Гауссу) микротвердости материала кламмера после напыления нитрида циркония (а) и нитрида титана (б)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный сравнительный анализ прочности образцов после различных технологий обработки гнutoго проволочного кламмера показал статистически достоверное снижение прочностных характеристик после плазменного напыления на его поверхность нитридов циркония или титана. Это снижение сопровождается обнаруженным экспериментально изменением функции плотности распределения микротвердости после напыления (более значительным после напыления нитрида циркония). Уменьшение прочности по сравнению с исходным состоянием, по-видимому, и является одной из основных причин преждевременных разрушений кламмеров при их эксплуатации в полости рта у пациентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алимский А. В. Геронтостоматология: настоящее и перспективы // Стоматология для всех. — 1999. — С. 28—31.
2. Багмутов В. П., Столярчук А. С., Арисова В. Н. // Вопросы материаловедения. — 2002. — № 1 (29). — С. 364—372.
3. Глазов В. М., Вигдорович В. Н. Микротвердость металлов и полупроводников. — М.: Металлургия, 1969. — 248 с.
4. Жулев Е. Н. Частичные съемные протезы (теория, клиника и лабораторная техника). — Н. Новгород: Изд-во Нижегородской гос. мед. академии, 2000. — 428 с.
5. Багмутов В. П., Данилина Т. Ф. Основы сопротивления материалов в стоматологии: учеб. пособие. — Ростов н/Д: Феникс, 2007. — 206 с.
6. Рошковский Е. В. Изучение нуждемости в ортопедической стоматологической помощи лиц пожилого и старческого возраста, а также долгожителей и особенности ее оказания в геронтологических стационарах: Автореф. дис. ... к. м. н. — М., 2008. — 22 с.
7. Степнов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. — М.: Машиностроение, 1985. — 232 с.