

periodontitis is splinting of loose teeth. The purpose of our work was to carry out an objective assessment of the condition of periodontal tissues in patients with chronic generalized periodontitis of II degree of severity who underwent integrated differentiated treatment with obligatory splinting of loose teeth by fiberglass appliance in the immediate and long-term follow-up periods. This approach provides rational and effective treatment of periodontal patients and favourable clinical and functional prognosis for patients in the immediate and long-term follow-up periods.

УДК 616.314-77-085.462

**Силенко Б.Ю., Дворник В.М.**

## **ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАЗИСНОЇ ПЛАСТМАСИ З МОДИФІКОВАНОЮ ПОВЕРХНЕЮ**

ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія», м. Полтава

*Для покращення параметрів міцності пластмаси нами запропоновано новий спосіб удосконалення знімного пластинкового протезу, виготовленого за традиційною технологією, матеріалом нанорозмірної величини – молекулами фулерену C<sub>60</sub>. Метою роботи стало покращення фізико-механічних параметрів базисів знімних пластинкових протезів шляхом модифікації поверхні і дослідження якості знімних пластинкових протезів. Отримані дані доводять, що пластмаса з нанопокриттям має вищі фізико-механічні характеристики у порівнянні зі звичайною пластмасою. Показник мікротвердості більший в 2,28 рази в модифікованій пластмасі, що свідчить про кращу поверхневу здатність протистояти механічним навантаженням, що спрямовані на поверхню, без змін поверхневої структури. Зразки з нанопокриттям більш стійкі до руйнування бо показник відносної залишкової деформації до руйнування зразка на 2,82% вищий від звичайної пластмаси. Тому, можна стверджувати, що такий матеріал може бути використаний в стоматології для зменшення кількості поломок знімних зубних протезів і продовження їх терміну експлуатації.*

Ключові слова: базисні пластмаси, фізико-механічні властивості, нанопокриття.

*Робота є фрагментом науково-дослідної роботи ВДНЗ України «Українська медична стоматологічна академія» «Застосування матеріалів наповнених наночастками» (державний реєстрацій номер: 0111U006298).*

Від 50 до 75 % пацієнтів, що звертаються у клініку ортопедичної стоматології, мають потребу у протезуванні знімними пластинковими протезами, кількість хворих з знімними протезами постійно зростає у зв'язку зі значним поширенням стоматологічних захворювань і прогресуючим старінням населення всієї земної кулі, особливо в індустріально розвинених країнах, де тривалість життя збільшується [1,2,3].

Основними матеріалами, які використовуються для виготовлення базисів пластинкових протезів, є похідні акрилової та метакрилової пластмаси. Їх частка у всіх видах знімних конструкцій складає від 91 до 98% [4,5,6,7]. Акрилові пластмаси, завдяки своїй доступності і іншим позитивним якостям, про які свідчать дані [8], ще довгий час залишатимуться основними конструкційними матеріалами для виготовлення знімних протезів, і тому продовжуються наукові дослідження з покращення якості зубних протезів, виготовлених із полімерних матеріалів [9].

Проте серед великої низки позитивних якостей, акрилова пластмаса має багато недоліків: наявність залишкового мономеру, і як наслідок – токсичні і алергічні прояви в порожнині рота, мікропори в пластмасі, де фіксується мікрофлора, порушення терморегуляції, неадекватний тиск на тканини протезного ложа, функціональні і морфологічні зміни в слизовій оболонці порожнини рота [5,10,11,12].

Не менш важливим недоліком є недостатня міцність протезів, виготовлених із акрилової

пластмаси, що не завжди дає можливість пацієнтам використовувати знімні конструкції протягом всього терміну експлуатації. Переломи протезів досягають 15% в перший рік користування, поломки пластмасових базисів становлять 35-49 % від загальної кількості виготовлених знімних пластинкових протезів. Тривалість користування знімними пластинковими протезами до першої поломки становить у середньому 0,5–1,4 року [9,13,14].

Для покращення параметрів міцності пластмаси нами запропоновано новий спосіб удосконалення знімного пластинкового протезу, виготовленого за традиційною технологією, матеріалом нанорозмірної величини – молекулами фулерену C<sub>60</sub>.

### **Мета роботи**

Покращення фізико-механічних параметрів базисів знімних пластинкових протезів шляхом модифікації поверхні і дослідження якості знімних пластинкових протезів.

### **Матеріали та методи дослідження**

Для дослідження ми використовували такі зразки матеріалів, як фторвмісний акриловий сополімер «Фторакс» (Україна); фторвмісний акриловий сополімер «Фторакс» (Україна), який покривається шаром наноматеріалу фулерену C<sub>60</sub>.

Дослідження деяких фізико-механічних властивостей проводили відповідно до загальних вимог ГОСТ 143559-79, а також ГОСТів щодо випробувань до кожного показника на ретельно

відібраних зразках без тріщин, пор та інших дефектів.

Зразки зі стоматологічних пластмас «Фторакс», і «Фторакс» з нанопокриттям фулереном  $C_{60}$ , одержували, застосовуючи такі технологічні методи:

1. Полімеризація стоматологічної пластмаси «Фторакс» компресійним методом формування пластмасового тіста в ковєті.

2. Покриття полімеризованої пластмаси «Фторакс» молекулами фулерену  $C_{60}$  в лабораторній установці ДП «НВП ЕКТ «Технолuch» ІЕЗ ім. Е.О. Патона НАНУ способом магнетронного розпилення матеріалів.

Вимірювання товщини зразків проводили за допомогою мікрометра з точністю до 0,001 мм.

Відповідно до матеріалів та методів виготовлення, зразки, що досліджуються, розділили на дві групи по 10 зразків у кожній групі:

1. група – зразки з стоматологічної пластмаси на основі поліметилметакрилатів - «Фторакс» (виробник АТ СТОМА, Україна)

2. група – зразки стоматологічної пластмаси «Фторакс» з нанопокриттям фулереном  $C_{60}$ .

Перед випробуванням зразки кондиціонують за ГОСТ 12423-66 не менше ніж 16 годин (при температурі  $23 \pm 2^\circ C$  та відносній вологості  $50 \pm 5\%$ ), якщо у нормативно-технічній документації на конкретну продукцію немає інших вказівок. Висоту і діаметр зразка вимірюють з похибкою  $\pm 0,01$  мм не менше ніж у трьох місцях

Для дослідження мікротвердості (у МПа) зразки матеріалів, що вивчаються, додатково шліфували та полірували до дзеркального блиску.

Визначення мікротвердості дослідних зразків проводили за методикою Вікерса мікротвердометром ПМТ-3, яка визначалася за величиною відбитка алмазної пірамідки (індентора) при різних навантаженнях.

Зразок встановлювали на предметному столику мікроскопа, поворотом якого підводили зразок під алмазну пірамідку, опускаючи її на зразок, який досліджували таким чином, щоб відстань між центром відбитка і краєм зразка була не менше 2-2,5 мм. Час навантаження становив 10 секунд. Вимірювання мікротвердості проводили в трьох точках кожного із зразків. Після звільнення зразка від навантаження предметний столик підводили до окуляра мікроскопа. Відбиток вимірювали з точністю до 0,3 мкм.

Величину мікротвердості за Вікерсом ( $Hv, \text{МПа}$ ) визначали за формулою:

$$Hv = \frac{18540P}{2a^2}$$

Де  $P$  – навантаження, г;

$2a$  – середнє арифметичне довжини діагоналей, мкм.

На кожному з досліджуваних зразків отримували по 3 відбитки і знаходили середнє значення.

Деформаційні характеристики усіх груп дос-

лідних зразків вивчали при деформуванні їх на стиск і розтягнення.

Дослідження деформаційних характеристик досліджуваних зразків на стиск проводили на деформаційній машині МРК-1.

Для визначення деформацій на стиск зразки матеріалів становили собою циліндри розмірами  $4 \times 4 \times 10$  мм. Швидкість деформації складала 0,1 мм/хвилину.

Величину межі пружності визначали за формулою

$$\sigma_{np} = \frac{P_0}{S_0}$$

Де  $P_0$  - навантаження, при якому спостерігається перше відхилення від

Лінійності на деформаційній кривій ( $H$ );

$S_0$ - початкова площа поперечного перетину зразка ( $\text{м}^2$ ).

Деформація розтягування проводилася у розривній установці МРК-1 зі швидкістю деформації 0,2 мм/хв. на зразках гантелеподібної форми з розмірами робочої частини  $14 \times 10 \times 3$  мм. Зразки закріплювали в затискач випробувальної машини таким чином, щоб більша вісь зразка збігалася з віссю навантаження. Затягування затискачів включало ковзання зразка під час випробування.

За одержаними деформаційними кривими визначили умовну межу текучості  $\delta_{0,2}$  межю міцності  $\delta_{np}$  і максимальну деформацію до руйнування  $\Sigma_{\max}$ .

Для визначення межі міцності у формулу замість  $P_0$  підставляли  $P_{\max}$  – навантаження, при якому зразок руйнується.

Дослідження деформаційної характеристики на згин проводилися також в установці МРК-1 з приставкою для чотири точкового вигину. З цією метою використовувалися зразки матеріалів  $35 \times 5 \times 3$  мм із різних груп.

Для визначення ступеню достовірності результатів досліджень застосовували варіаційно-статистичний аналіз для пов'язаних між собою спостережень, вираховуючи показник достовірності різниці за Ст'юdentом. Статистичну обробку виконували за допомогою програми STATISTICA 6.0 (StatSoft, США) з обчисленням середнього ( $M$ ) і стандартної помилки середнього ( $m$ ). Відмінності між групами вважали статистично достовірними при  $p < 0,05$ .

### **Результати дослідження та їх обговорення**

Середні значення показників міцності та пластичності вивчених зразків базисних стоматологічних матеріалів представлені в таблицях 1-4 .

Таблиця 1  
Середні значення показників мікротвердості з представлених матеріалів ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Назва матеріалу	H <sub>v</sub> , МПа
Фторакс	307,3±6,5
Фторакс з нанопокриттям	701,8±13,1 p<0,05

Дослідження мікротвердості дозволяє оцінювати властивості тонких поверхневих шарів стоматологічних базисних матеріалів, тобто їхньої здатності чинити опір місцевій пластичній деформації, яка виникає під впливом дії більш твердих матеріалів.

Як показали наші дослідження, показники мі-

кротвердості дослідних зразків базисних матеріалів значно вищі у II-й групі, в порівнянні з I групою. Середнє значення мікротвердості становить відповідно 307,3±13,3 МПа – друга група 701,8±26,6, що достовірно вище в другій групі в 2,28 рази

**Таблиця 2**  
Середні значення показників міцності та пластичності зразків з представлених матеріалів при дослідженні на розтяг (M±m, n=10)

Назва матеріалу	Модуль Юнга, Е, МПа	спр., МПа	σ <sub>02</sub> , МПа	σ <sub>мц.</sub> , МПа	δ, %
Фторакс	241,78±0,55	36,02±1,01	37,25±1,35	40,25±1,06	0,38±0,038
Фторакс з нанопокриттям	356,15±9,39 p<0,05	36,54±1,30 p>0,05	38,40±1,47 p>0,05	53,16±1,59 p<0,05	3,20±0,41 p<0,05

При дослідженні деформування матеріалів на розтягнення визначено, що при розтягненні після пластичної деформації в межах 0,38-3,20% зразки базисних матеріалів руйнуються, що дає можливість визначити межу міцності матеріалів, які вивчалися. При цьому слід відмітити, що зразки стоматологічної пластмаси «Фторакс» руйнуються при пластичній деформації у 0,38%, зразки стоматологічної пластмаси «Фторакс» з нанопокриттям при пластичній деформації у 3,20%

З даних, наведених в таблиці, встановлено,

що від матеріалу суттєво впливає на значення межі міцності зразків базисних матеріалів, стоматологічних пластмас «Фторакс» і Фторакс» з нанопокриттям. Пластична деформація дещо вища у зразка з нанопокриттям.

Як показали проведені дослідження деформаційних характеристик на стиск для кожного з десяти зразків базисних матеріалів, «Фторакс» і «Фторакс» з нанопокриттям фулереном С<sub>60</sub>, відмінності показників міцності при деформації на стиск не були суттєвими.

**Таблиця 3**  
Середні значення показників міцності та пластичності зразків з представлених матеріалів при дослідженні на стиск (M±m, n=10)

Назва матеріалу	Модуль Юнга, Е, МПа	спр., МПа	σ <sub>02</sub> , МПа	σ <sub>мц.</sub> , МПа
Фторакс	939,72±9,09	59,96±2,42	62,76±2,38	95,32±1,9
Фторакс з нанопокриттям	952,44±12,32 p>0,05	64,67±2,01 p>0,05	67,18±2,06 p>0,05	89,70±1,74 p<0,05

**Таблиця 4**  
Середні значення показників міцності та пластичності зразків з представлених матеріалів при дослідженні на згин (M±m, n=10)

Назва матеріалу	Модуль Юнга, Е, МПа	спр., МПа	σ <sub>мц.</sub> , МПа	W <sub>max</sub> , мм
Фторакс	635,8±13,71	48,8±0,83	72,5±1,77	5,08±0,05
Фторакс з нанопокриттям	1135,4±11,33 p<0,05	56,4±0,6 p<0,05	105,3±0,89 p<0,05	4,99±0,1 p>0,05

Результатом дослідження на згин є середнє арифметичне значення величин руйнівального напруження на згин десяти дослідних зразків з кожної групи.

Нами встановлено, що величина сили, яка прикладена до зразка в другій групі та приводить до деформації на 13,5% більша ніж в першій групі.

### Висновки

1. Отримані дані доводять, що пластмаса з нанопокриттям має вищі фізико-механічні характеристики порівнюючи зі звичайною пластмасою. Показник мікротвердості більший в 2,28 рази в модифікованій пластмасі, що свідчить про кращу поверхневу здатність протистояти меха-

нічним навантаженням, що спрямовані на поверхню, без змін поверхневої структури.

2. Зразки з нанопокриттям більш стійкі до руйнування, бо показник відносної залишкової деформації до руйнування зразка на 2,82% вищий від звичайної пластмаси. Тому можна стверджувати, що такий матеріал може бути використаний в стоматології для зменшення кількості поломок знімних зубних протезів і продовження їх терміну експлуатації.

### Література

1. Кіндій Д.Д. Клінічні та технологічні аспекти різних методів полімеризації стоматологічних базисних пластмас : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.22 «Стоматологія» / Дмитро Данилович Кіндій ; УМСА. - Полтава, 1999. - 18 с.

- Розуменко В.А. Клиническая апробация усовершенствованного метода изготовления полного съемного пластиночного протеза при непереносимости акриловой пластмассы / В.А. Розуменко // Український стоматологічний альманах. - 2011. - №4. - С. 42-45.
- Нідзельський М. Я. Структурні зміни в зубних протезах, виготовлених з акрилових пластмас, у різні строки користування ними та їх вплив на тканини порожнини рота / М. Я. Нідзельський, Л.П. Криничко // Современная стоматология. - 2011. - №5. - С. 88-91.
- Палков Т.А. Особенности ортопедического лечения больных на протезный стоматит: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.22 «Стоматологія» / Т.А. Палков - Львів, 2000. - 15 с.
- Рубаненко В.В. Способи послаблення шкідливого впливу компонентів пластмас акрилового ряду / В.В. Рубаненко, І.М. Мартиненко // Український стоматологічний альманах. - 2006. - Е.1, №1. - С. 68-71.
- Кузнецов В.В. Клініко-експериментальне обґрунтування застосування технології електромагнітної обробки акрилових пластмас при виготовленні знімних пластиночних протезів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.22 «Стоматологія» / В.В. Кузнецов. - Полтава, 2005. -19с.
- Лабунец В.А. Нормативная потребность взрослого городского населения Украины стоматологической ортопедической помощи / В.А. Лабунец // Вестник стоматологии. - 1999. - №1. - С. 66-69.
- Палійчук І.В. Контроль якості лікування хворих знімними пластинковими протезами із акрилових пластмас: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.22 «Стоматологія» / І.В. Палійчук. - Полтава, 1998. - 17 с.
- Кузнецов В. В. Удосконалення технології покращення якості базисів знімних пластиночних протезів / В. В. Кузнецов, О. А. Писаренко // Український стоматологічний альманах. - 2011. - №1. - С. 61-63.
- Вахненко О. М. Аналіз стану нормативної бази, що регулює надання стоматологічної допомоги населенню України / О. М. Вахненко // Современная стоматология. - 2009. - № 4. - С. 145-147.
- Василенко З.С. Функциональные и морфологические изменения в слизистой оболочке полости рта и ее рецепторном аппарате под влиянием съемных протезов: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. мед. наук : спец. 14.00.21«Стоматологія» / З.С. Василенко. - Київ, 1977. - 51 с.
- Гожая Л.Д. Аллергические заболевания в ортопедической стоматологии. / Л.Д. Гожая - М. : Медицина, 1988 - 160с.
- Писаренко О.А. Клініко-технологічні аспекти підвищення міцнісних параметрів повних знімних пластиночних протезів на верхню щелепу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.22 - «Стоматологія» / О.А. Писаренко. - Полтава, 2001. - 21 с.
- Остроголов Д.Ф. Підвищення ефективності ортопедичного лікування хворих за рахунок зміцнення пластмасових базисів знімних зубних протезів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.22 «Стоматологія» / Д.Ф. Остроголов. - Полтава, 2011. - 18 с.

### Реферат

#### ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛАСТМАСИ З МОДИФІКОВАНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Силенко Б.Ю., Дворник В.М.

Ключові слова: базисні пластмаси, нанопокриття, фізико-механічні параметри.

Для улучшения параметров прочности пластмассы нами предложен новый способ усовершенствования съемного пластиночного протеза, изготовленного по традиционной технологии, материалом наноразмерной величины - молекулами фуллерена C<sub>60</sub>. Целью работы стало улучшение физико-механических параметров базисов съемных пластиночных протезов путем модификации поверхности и исследования качества съемных пластиночных протезов. Полученные данные показывают, что пластмасса с нанопокритием имеет более высокие физико-механические характеристики по сравнению с обычной пластмассой. Показатель микротвердости больше в 2,28 раза у модифицированной пластмассы, что свидетельствует о лучшей поверхностной способности противостоять механическим нагрузкам, направленным на поверхность, без изменений поверхностной структуры. Образцы с нанопокритием более устойчивы к разрушению, потому показатель относительной остаточной деформации к разрушению образца на 2,82% выше обычной пластмассы. Поэтому можно утверждать, что такой материал может быть использован в стоматологии для уменьшения количества поломок съемных зубных протезов и продолжения их срока эксплуатации.

### Summary

Physical and mechanical properties of plastics with modified surfaces

Sylenko B.Yu., Dvornik V.M.

Key words: basic plastic, nano-coating, physical and mechanical parameters.

To improve the strength parameters of plastic, we proposed a new technique to improve a removable laminar denture manufactured with conventional technology with a nanoscale material, fullerene C<sub>60</sub> molecules. The aim of the work was to improve the physical and mechanical parameters of the bases of removable laminar dentures by modifying their surface and to evaluate the quality of removable laminar prostheses. The data obtained have shown that nanocoated plastic has higher physical and mechanical characteristics than conventional plastics. The microhardness index is 2.28 times higher for the modified plastic that indicates a better surface ability to withstand mechanical loads without changing the surface structure. Samples with a nanocoating are more resistant to fractures, and the index of relative residual deformation to the failure of the sample is 2.82% higher than that of conventional plastics. Therefore, it can be argued that this material can be introduced in dental practice to reduce the number of breakdowns of removable dentures and to increase their service life.