

В. Ф. Макєєв<sup>1</sup>, З. Ю. Готра<sup>2</sup>, Н. І. Микуєвич<sup>1</sup>, Криштоф Крупа<sup>3</sup>

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА МІКРОТВЕРДОСТІ РІЗНИХ МІКРОГІБРИДНИХ ФОТОПОЛІМЕРНИХ КОМПЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

<sup>1</sup>Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

<sup>2</sup>Львівський політехнічний національний університет

<sup>3</sup>Жешівський університет технологій

### Вступ

Нині спостерігається значний прогрес у створенні нових відновлювальних матеріалів і технології їх застосування. Одними з таких матеріалів є мікрогібридні фотополімерні композитні матеріали [1].

Відомо, що вплив реставрацій на опорні зуби і зуби-антагоністи в основному пов'язаний із мікротвердістю композитних матеріалів, яка є одним з основних параметрів, що визначає час їх слугування [2,3]. Мікротвердість фотополімерних матеріалів після полімеризації має відповідати або бути наближеною до мікротвердості твердих тканин зуба [4,5,6]. Невідповідність мікротвердості природних зубів і конструкційних матеріалів може призвести до порушення рівноваги між ними та зумовить незадовільні результати відновлення [7,8]. Тому дослідження мікротвердості матеріалів, які використовуються для відновлення жувальної групи зубів залежно від способів їх застосування, становить науковий і практичний інтерес [9,10].

Натепер відомі різні методи дослідження мікротвердості. Однак у оцінюванні мікротвердості фотополімерних композитних матеріалів виникають труднощі у зв'язку з тим, що вони пружно-еластичні. Питання пошуку досконалого методу оцінки мікротвердості фотополімерних композитних

матеріалів для оптимізації вибору відновного матеріалу в кожному клінічному випадку потребує подальшого вивчення.

**Мета** нашого дослідження - порівняльна оцінка мікротвердості та модуля пружності низки фотополімерних композитних матеріалів залежно від способів їх полімеризації.

### Матеріали і методи дослідження

Дослідженню підлягали фотополімерні композитні матеріали «Filtek Z 250» («3M», Німеччина), «Charisma» («Heraeus Kulzer», Німеччина) та «Dipol» («Оксомат-Т», Україна). Зразки цих матеріалів виготовляли пошарово по 2 мм у формі пластин товщиною 4 мм шляхом двадцятисекундної подвійної УФ-полімеризації (пряма реставрація) і зразки, які додатково підлягали термообробці при температурі 120°C протягом 10 хв. (непряма реставрація).

Мікротвердість вимірювали методом NHT (Nano-Hardness Tester) на нанотвердомірі виробництва компанії «CSM Instruments» (Швейцарський центр електроніки і мікротехнологій) при різній глибині введення модифікованого алмазного індентора Берковича в матеріал. Форма індентора – правильна тригранна піраміда з основою у вигляді рівнобічного трикутника. Кут між двома ребрами бокової грані індентора складає  $65,3 + 0,3^\circ$  (рис.1).

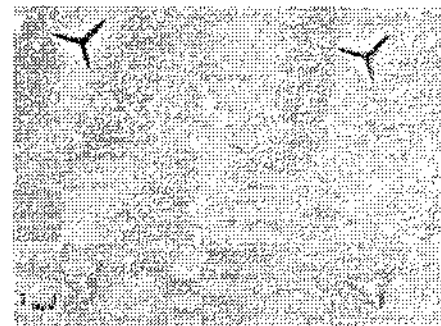


Рис. 1. Поверхня прямої реставрації з фотополімерного композитного матеріалу «Dipol» із видимими відбитками індентора Берковича після визначення мікротвердості

Мікротвердість і модуль пружності (модуль Юнга) визначали в чотирьох точках поверхневих шарів вищезгаданих фотополімерних композитних матеріалів. Випробування проводили за стандартною методикою в три етапи: навантаження, витримка протягом 10 сек. при максимальному навантаженні, розвантаження.

Навантаження, яке прикладали до індентора, зростало з постійною швидкістю 100 мН/хв до досягнення заданого максимального навантаження ( $\pm 50 \text{ мН} = \pm 5 \text{ г}$ ). Силу, яку прикладали до індентора, глибину його проникнення реєстрували безпосередньо під час процесу індентування, далі будували криву залежності глибини проникнення індентора відносно сили, що прикладалася, та криву розвантаження (рис. 2).

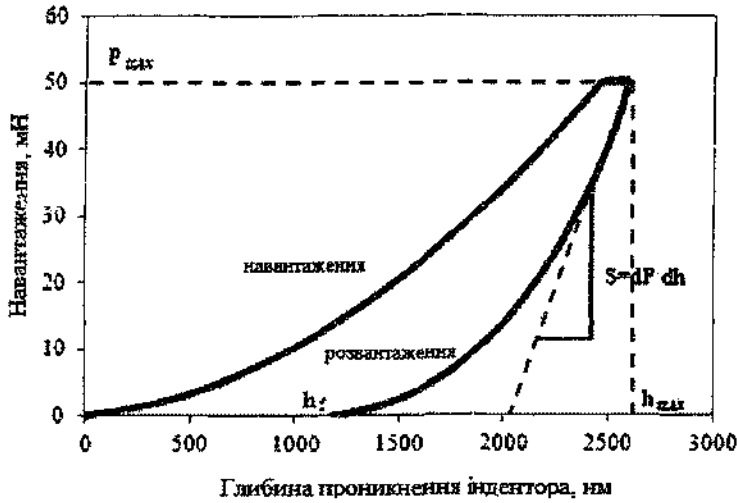


Рис. 2. Крива глибини проникнення індентора  $h$  залежно від навантаження  $P$

Мікротвердість (за Віккерсом) обчислювали за формулою:

$$HV = P_{max} / A,$$

де:  $P_{max}$  – максимальна сила, що прикладалася до індентора,  $A$  – площа контакту індентора зі зразком.

Площа поверхні  $A$  окреслює залежність:

$$A = P / (h_{max} - hf)^m,$$

де:  $P$  – сила, що діє на індентор,  $m$  – показник ступеня, який залежить від форми індентора,  $h_{max}$  – максимальна глибина проникнення індентора,  $hf$  – глибина відбитка після зняття навантаження.

Редукований модуль пружності зразків визначали з отриманої в період вимірювання кривої за формулою:

$$E_r = \frac{\sqrt{\pi S}}{2\sqrt{A}}$$

де:  $E_r$  – редукований модуль пружності,

$S$  – жорсткість, виміряна як тангенс кута нахилу прямої дотичної до початкової кривої навантаження.

Модуль Юнга обчислювали за формулою:

$$\frac{1}{E} = \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{1 - \nu_i^2}{E_i}$$

де:  $E, \nu - \nu$  – модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона матеріалу,  $E_i, \nu_i$  – модуль Юнга (1141 ГПа) і коефіцієнт Пуассона (0,07) індентора Берковича.

**Результати дослідження та їх обговорення**

Результати проведеного дослідження у вигляді кривих залежності проникнення індентора від сили, що прикладається, та кривих навантаження – розвантаження щодо матеріалів, які досліджували, представлені на рис. 3-8.

Середні значення і стандартні відхилення отримані при визначенні мікротвердості та модуля Юнга досліджуваних матеріалів представлені в таблиці.

Результати дослідження зразків мікрогібридних фотополімерних композитних матеріалів показали, що для всіх фотополімерних композитних матеріалів характерним було збільшення мікротвердості при їх полімеризації методом непрямой реставрації. Найбільшою твердістю характеризується непряма реставрація з матеріалу «Filtek Z 250», для якого середнє значення мікротвердості становить 119,83 кгс/мм<sup>2</sup>, водночас модуль Юнга складає 16,4 ГПа; найменшу твердість мав зразок прямої реставрації з «Dipol» – 41,7 кгс/мм<sup>2</sup>, модуль пружності якого становить 6,53 ГПа.

Аналіз результатів дослідження кривих навантаження – глибина проникнення індентора, проведений у чотирьох точках поверхні зразків мікрогібридних фотополімерних композитних матеріалів, переконливо доводить, що досліджувані матеріали є пружно-пластичними.

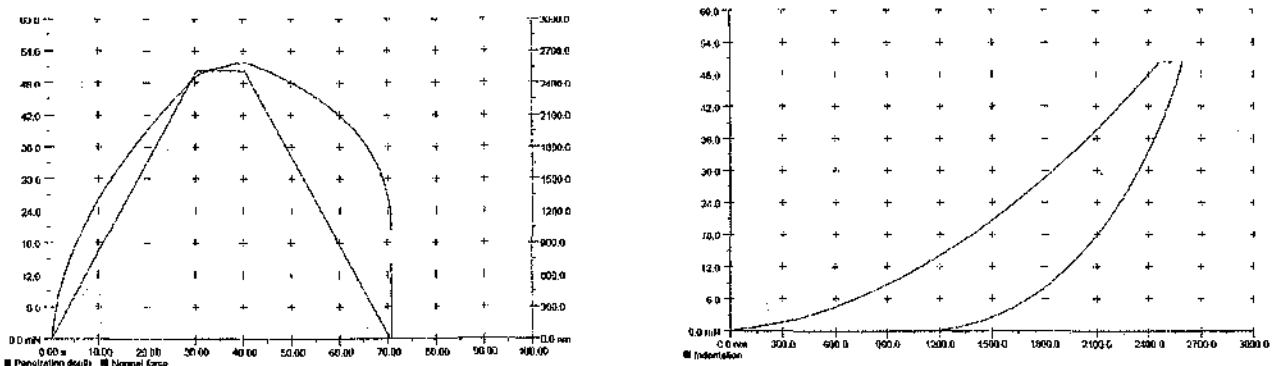


Рис. 3. Крива залежності глибини проникнення індентора від сили, що прикладається (а), і крива навантаження – розвантаження при індентуванні (б) для прямої реставрації з фотополімерного композитного матеріалу «Dipol»

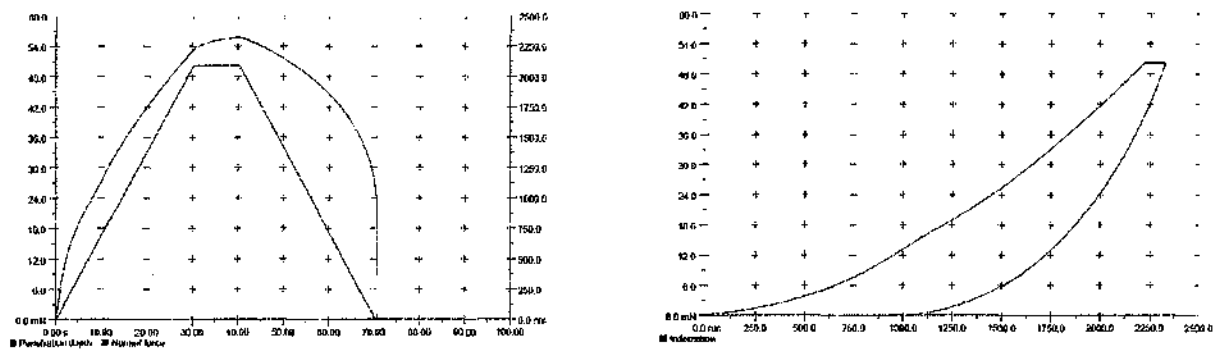


Рис. 4. Крива залежності глибини проникнення індентора від сили, що прикладається (а), і крива навантаження – розвантаження при індентуванні (б) для непрямої реставрації з фотополімерного композитного матеріалу «Dipol»

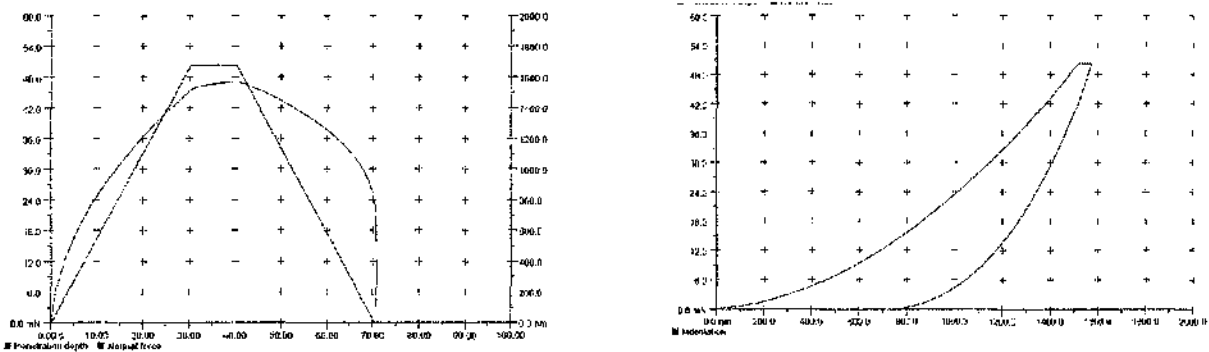


Рис. 5. Крива залежності глибини проникнення індентора від сили, що прикладається (а), і крива навантаження – розвантаження при індентуванні (б) для прямої реставрації з фотополімерного композитного матеріалу «Filtek Z 250»

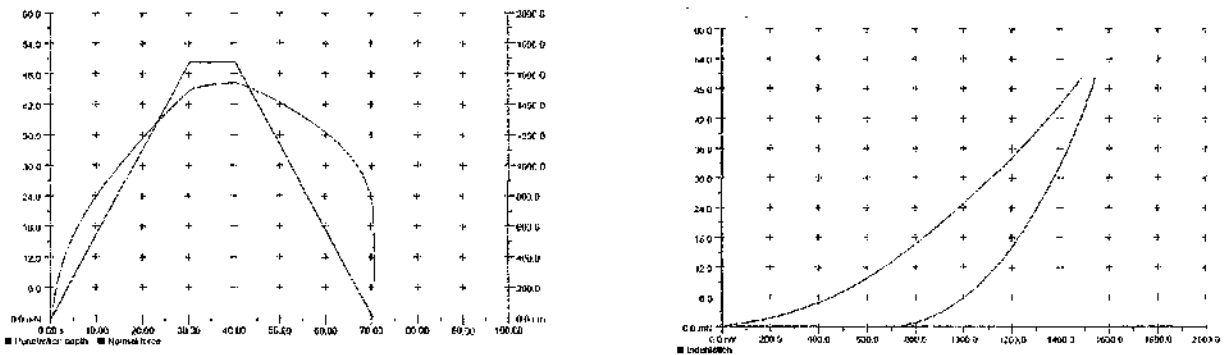


Рис. 6. Крива залежності глибини проникнення індентора від сили, що прикладається (а), і крива навантаження – розвантаження при індентуванні (б) для непрямої реставрації з фотополімерного композитного матеріалу «Filtek Z 250»

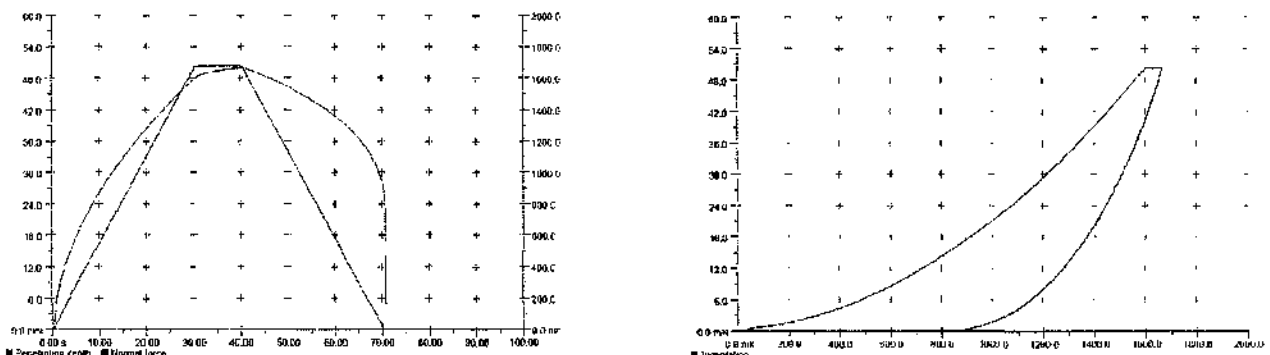


Рис. 7. Крива залежності глибини проникнення індентора від сили, що прикладається (а), і крива навантаження – розвантаження при індентуванні (б) для прямої реставрації з фотополімерного композитного матеріалу «Charisma»

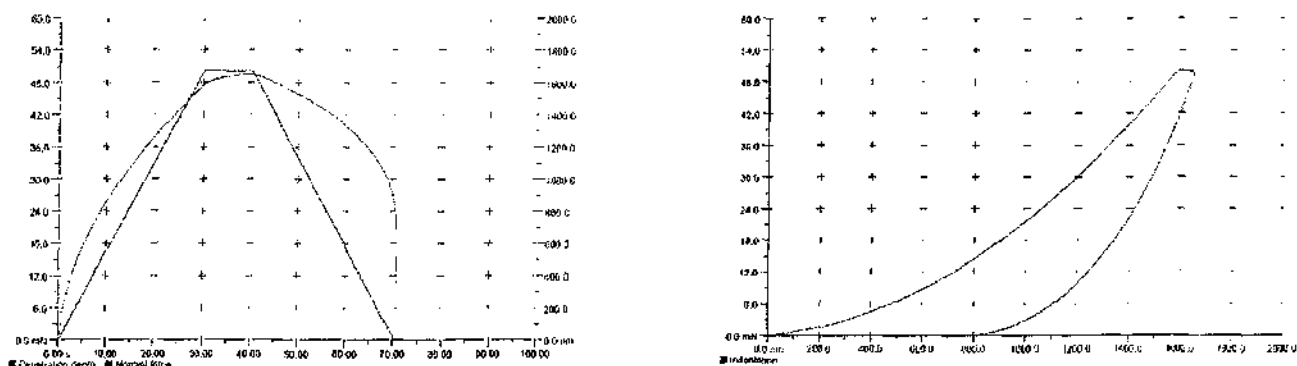


Рис. 8. Крива залежності глибини проникнення індентора від сили, що прикладається (а), і крива навантаження – розвантаження при індентуванні (б) для непрямої реставрації з фотополімерного композитного матеріалу «Charisma»

Таблиця

Твердість і модуль Юнга досліджуваних фотополімерних композитних матеріалів

Матеріал	Вид реставрації	Твердість (HV), кгс/мм <sup>2</sup>		Модуль Юнга (Eit), ГПа	
		середнє значення	стандартне відхилення	середнє значення	стандартне відхилення
«Dipol»	Пряма	41,733	1,136	6,527	0,130
	Непряма	49,487	2,278	7,547	0,181
«Filtek Z 250»	Пряма	113,488	4,372	16,621	0,433
	Непряма	119,831	3,316	16,392	0,213
«Charisma»	Пряма	95,577	1,190	15,564	0,208
	Непряма	99,603	1,456	15,475	0,229

### Література

1. Сравнительный анализ in vitro физико-механических свойств материалов используемых для пломбирования дефектов пришеечной области / [И. В. Безрукова, И. Я. Полюровская, Г. Е. Аманатида, И. В. Бальчинский] // Стоматология. – 2006. – № 2. – С. 4-6.
2. Шутак О. Значення мікротвердості матеріалів в клініці ортопедичної стоматології / О. Шутак // Галицький лікарський вісник. – 1997. – Т. 4, № 2. – С. 60.
3. Опанасюк Ю. Зміна мікротвердості конструктивних стоматологічних матеріалів у залежності від методу виготовлення / Ю. Опанасюк, О. Шутак // Український журнал медичної техніки і технології. – 1999. – № 1. – С. 47-48.
4. Біда В. І. Вікові характеристики показників мікротвердості та модуля пружності емалі та дентину / В. І. Біда, А. В. Пальчиков // 36. наук. праць співр. НМАПО імені П. Л. Шупика. – Вип. 16, кн. 4. – К., 2007. – С. 360-364.
5. Біда В. І. Порівняльний аналіз вікових змін фізико-механічних властивостей твердих тканин зубів різних вікових груп / В. І. Біда, І. М. Закієв, А. В. Пальчиков // Дентальні технології. – 2008. – № 1 (36). – С. 32-33.
6. Ремизов С. М. Микромеханические характеристики реставрационных стоматологических материалов эмали и дентина зубов человека / С. М. Ремизов, В. Н. Скворцов // Стоматология. – 2001. – № 4. – С. 28-32.
7. Физическое моделирование процесса изнашивания стоматологических материалов / [Л. Д. Гожая, П. Н. Орлов, Н. М. Шлыков, А. Г. Гожий] // Стоматология. – 1991. – № 5. – С. 63-65.

8. Изучение износостойкости стоматологических материалов, используемых для замещения дефектов твердых тканей зубов / [И. В. Щепинова, И. Ю. Лебеденко, А. В. Осинцев, В. П. Щепинов] // Российский стоматологический журнал. – 2005. – № 3. – С. 23-26.
9. Исследование износа восстановительных материалов и зубов-антагонистов in vitro / [С. А. Николаенко, А. Печельт, М. Пелька, У. Добауэр] // Стоматология. – 2006. – № 4. – С. 9-13.
10. Износостойкость материалов, использующихся для восстановления жевательных зубов / [Т. Ф. Сутугина, Е. П. Якушечкина, И. Я. Поюрковская, И. М. Макеева] // Стоматология. – 2003. – № 5. – С. 60-63.

Статья прийшла  
5.04.2012 р.

#### Резюме

В работе методом ННТ изучается микротвердость фотополимерных композитных материалов. Результаты исследования показали, что для всех фотополимерных композитных материалов характерным было повышение микротвердости при их полимеризации способом непрямої реставрації.

**Ключевые слова:** микротвердость, фотополимерный композитный материал, ННТ.

#### Резюме

У роботі методом ННТ вивчається микротвердість фотополімерних композитних матеріалів. Результати дослідження показали, що для всіх фотополімерних композитних матеріалів характерним було підвищення микротвердості при їх полімеризації способом непрямої реставрації.

**Ключові слова:** микротвердість, фотополімерний композитний матеріал, ННТ.

#### Summary

The study investigates photopolymer composite materials microhardness with the use of NHT method. The results of the research have shown that all photopolymer composite materials tend to increase microhardness at their polymerization by the method of indirect restoration.

**Key words:** microhardness, photopolymer composite material, NHT.