

Для аналізу сигналів АЕ використали побудовану раніше методику [13], яка ґрунтується на визначенні енергетичного параметра сигналу E_{WT} за неперервним ВП та ідентифікуванні за його значеннями типу руйнування, що відбувається в матеріалі у визначений момент часу. Так за умови $E_{WT} \leq 0,01$ сигнал АЕ супроводжує пластичну деформацію (в'язке руйнування), якщо $0,01 < E_{WT} \leq 0,1$ – мікротріщиноутворення, а за $E_{WT} > 0,1$ – крихке руйнування (ріст макротріщини). Результати експериментів усереднювали для всіх зразків кожного виду.

Результати та їх обговорення. За дослідженнями структури поверхонь зразків полімерів встановили, що поверхня полімеру Фторакс (рис. 2, а) досить розвинена. Рельєф має неоднорідну структуру, характерна наявність гребенів та заглибин у вигляді мікротріщин шириною 5...30 мкм та довжиною до 150 мкм. Це дає можливість припустити, що під час розтягу такого матеріалу відбуватиметься інтенсивний розвиток мікро та макротріщин. Протилежну картину спостерігаємо на рис. 2, б. Поверхня полімеру Vertex TermoSens характеризується слабо розвинутою морфологією. Рельєф має гомогенну дрібнодисперсну структуру з незначною кількістю мікроклубків до 10 мкм. Водночас наявна сітка поверхневих макротріщин. У цьому випадку можна очікувати більшої пластичної деформації матеріалу під дією навантаження розтягу та інтенсивного поширення тріщин у його глибину.

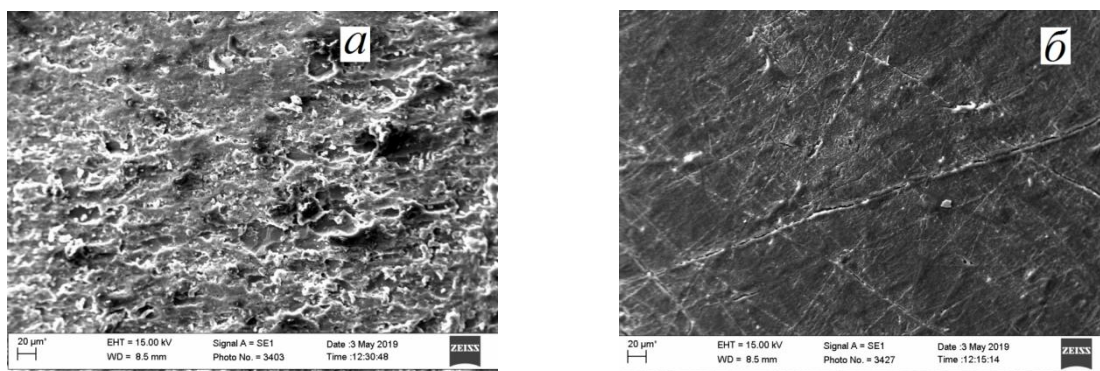


Рис. 2. Структура поверхні зразків полімерів ($\times 500$):
а – Фторакс; б – Vertex TermoSens.

Зроблене вище припущення про особливості руйнування базисних полімерів підтверджує аналіз діаграм їх розтягу та АЕ-активності. Із рис. 3, а матеріал Фторакс руйнується крихко із поступовим наростанням АЕ-активності. Vertex TermoSens (рис. 3, б) характеризується значною в'язкістю під час розтягу, а найбільшу активність руйнування спостерігаємо у зоні досягнення максимального напруження. Далі з падінням напруження в зразку АЕ-активність поступово зменшується. Аналіз суми амплітуд сигналів АЕ показав, що під час розтягу полімеру Фторакс переважно генерувались сигнали більшої амплітуди, а відтак і енергії, ніж під час розтягу Vertex TermoSens.

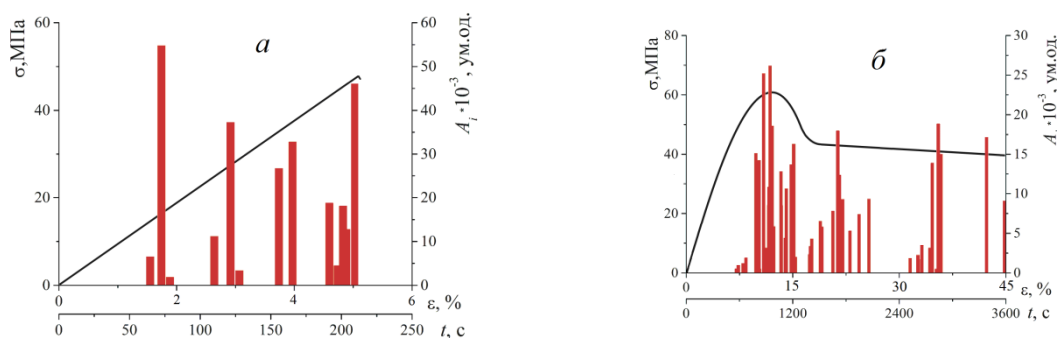


Рис. 3. Діаграми розтягу та АЕ-активності для зразків із базисних полімерів: а – Фторакс; б – Vertex TermoSens.

У результаті експериментальних досліджень за параметрами межі міцності σ_B (Vertex ThermoSens – $73,33 \pm 8,82$ кН і Фторакс – $71,33 \pm 11,26$ кН) та напружень початку руйнування σ_i (Vertex ThermoSens – $42,66 \pm 6,36$ кН і Фторакс – $28 \pm 7,57$ кН) кращим виявився матеріал Vertex ThermoSens. Водночас напруження остаточного руйнування σ_f полімеру Фторакс ($71,33 \pm 11,26$ кН) більші, ніж у Vertex ThermoSens ($43,33 \pm 14,53$ кН).

Час появи перших сигналів АЕ від початку експерименту (60 с для Фторакс та та 800 с для Vertex ThermoSens), що свідчить про зародження руйнування в зразку, та повного його руйнування (220 с та 3600 с, відповідно) для двох матеріалів суттєво відрізняються. Згідно зі статистичними даними відносно видовження Фторакс складає $4,17 \pm 0,44$, а Vertex ThermoSens – $42,33 \pm 1,15$. На рис. 4, а зображено для порівняння фото зразків матеріалів перед початком експерименту (1) та зруйнованих (2 – Фторакс та 3 – Vertex ThermoSens), що ілюструє отримані результати.

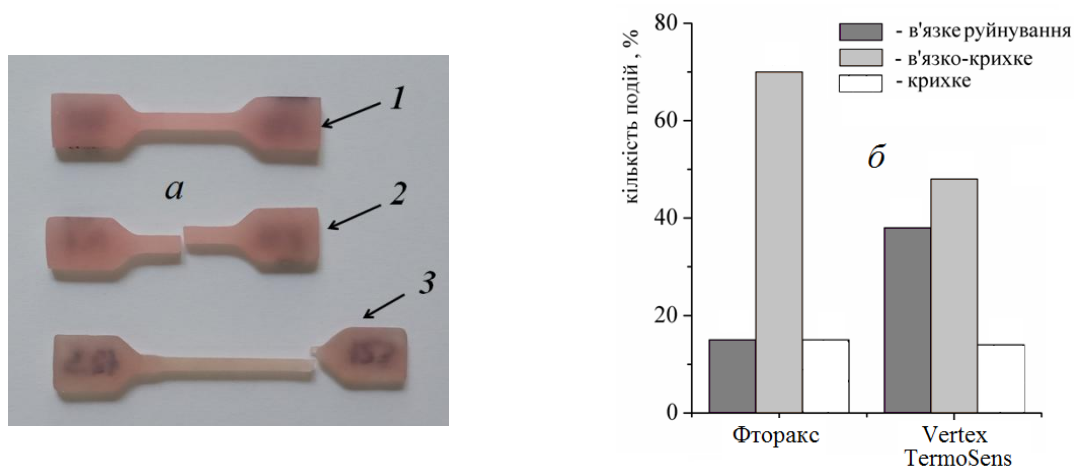


Рис. 4. Вигляд полімерних зразків до експерименту (1) та зруйнованих (2 – Фторакс; 3 – Vertex ThermoSens) (а) та частка різних типів руйнування стоматологічних базисних полімерів (б) під навантаженням розтягу.

У табл. представлено діапазони числових значень енергетичного параметра для різних типів руйнування у стоматологічних пластмасах. За аналізом енергетичного показника сигналів АЕ упродовж усього часу навантаження зразків відбувалось чергування в'язкого, в'язко-крихкого та крихкого типів руйнування.

Таблиця. Значення критеріального параметра E_{WT} для стоматологічних пластмас

Назва пластмаси	Тип руйнування		
	в'язке	в'язко-крихке	крихке
Фторакс	$0,0028 \leq E_{WT} \leq 0,008$	$0,01 \leq E_{WT} \leq 0,056$	$0,1 \leq E_{WT} \leq 0,4$
Vertex ThermoSens	$0,002 \leq E_{WT} \leq 0,01$	$0,012 \leq E_{WT} \leq 0,07$	$0,1 \leq E_{WT} \leq 0,35$

Особливістю сигналів АЕ під час руйнування термопласту Vertex ThermoSens є ширший діапазон значень енергетичного показника сигналів, що характеризують в'язко-крихке руйнування порівняно з іншою пластмасою, а для сигналів, що відповідають крихкому руйнуванню, діапазон зміни енергетичного показника сумірний із таким же для матеріалу Фторакс. Отже, можна припустити, що під час розтягу термопласту, незважаючи на в'язкий характер діаграми розтягу, відбувалось високоенергетичне в'язко-крихке та крихке руйнування. Це підтвердили фрактографічні дослідження зламів зразків.

На рис. 4, б зображено розподіл кількості сигналів АЕ, які характеризують певний тип руйнування, у відсотках від загальної кількості зареєстрованих. Бачимо, що під час розтягу стоматологічних пластмас переважає в'язко-крихкий тип руйнування, що свідчить про поширення під навантаженням у матеріалах мікротріщин різного розміру. Водночас під час розтягу полімеру Фторакс приблизно в двічі менше генерувалось сигналів АЕ, які супроводжували в'язке руйнування (пластичну деформацію). Отри-

маний результат підтверджує зроблене вище припущення про більшу крихкість під навантаженням матеріалу Фторакс порівняно з Vertex ThermoSens.

Висновки. Отже, хоча межа міцності термопласту Vertex ThermoSens виявилася не найбільшою, але для її досягнення потрібно у 4...4,5 рази більше часу, ніж для матеріалу Фторакс. Іншою перевагою термопласту є те, що руйнування в ньому розпочинається за вищих напружень із переважаючою часткою в'язкого типу порівняно з акрилатом. Тому з метою забезпечення тривалої ефективної експлуатації знімних зубних протезів можна говорити про ефективніше використання для них базисного матеріалу Vertex ThermoSens.

1. Матеріалознавство у стоматології / під заг. ред. М. Д. Короля. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 240 с.
2. Применение термопластических материалов в стоматологии / Трегубов И. Д., Михайленко Л. В., Болдырев Р. И. и др. – М.: Медицинская пресса, 2007. – 140 с.
3. Arafa K. A. O. Effect of different denture base materials and changed mouth temperature on dimensional stability of complete dentures / Khalid A. O. Arafa // Int. J. Dent. – 2016. – 4. – P. 1–5.
4. El-Khodary N. M. Laboratory evaluation of newly formulated thermoplastic resin complete denture base materials / N. M. El-Khodary, S. M. El-Shabrawy, W. A. El-Naihoum // Int. J. Scie. and Research. – 2016. – Vol. 5, No 3. – P. 1815–1821.
5. Влияние состава базисных стоматологических полимеров на их термомеханические свойства и устойчивость к внешним средам / Н. А. Белоконова, Я. В. Костров, С. Е. Жолудев и др. // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 5. – С. 9–13.
6. Рон О. С. Клинико-лабораторное и функциональное обоснование применения базисных материалов съёмных протезов: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. мед. наук: спец. 14.01.14 “Стоматология” / Рон Олег Сергеевич; РМАНПО. – М., 2017. – 27 с.
7. Трегубов И. Д. Сравнительная характеристика базисных материалов при изготовлении шинирующих конструкций / И. Д. Трегубов // Научный альманах. – 2017. – № 3/3(29). – С. 372–374.
8. Кузь В. С. Відновлення жувальної ефективності у пацієнтів з повними знімними протезами, виготовленими із різних груп базисних матеріалів / В. С. Кузь, В. М. Дворник, Г. М. Кузь // Актуальні проблеми сучасної медицини. – 2017. – Т. 17, Вип. 3(59). – С. 224–226.
9. Порівняльна оцінка ефективності клінічного застосування знімних зубних протезів, виготовлених із різних конструкційних матеріалів / О. М. Дорошенко, В. І. Біда, П. В. Леоненко та ін. // Зб. наук. праць співробіт. НМАПО імені П. Л. Шупика. – 2016. – 25. – С. 458–462.
10. Кузь В. С. Визначення показників міцності та пластичності різних груп базисних стоматологічних матеріалів / В. С. Кузь. // Актуальні проблеми сучасної медицини. – 2016. – Т. 16. – Вип. 2(54). – С. 28–32.
11. Метод акустичної емісії в дослідженні стоматологічних полімерів / В. Р. Скальський, В. Ф. Макєєв, О. М. Станкевич та ін. – Львів: Кварт, 2015. – 150 с.
12. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / Ингрид Добеши; [пер. с англ.]. – Ижевск, 2001. – 464 с.
13. Stankevych O. Investigation and identification of fracture types of structural materials by means of acoustic emission analysis / O. Stankevych, V. Skalsky // Eng. Fract. Mech. – 2016. – 164. – P. 24–34.