

УДК 681.2.08

Кісіль Т.Ю., к.т.н., доц., Куницька Л.Г., к.т.н., доц., Туз В.В., к.т.н., доц.
Черкаський державний технологічний університет

ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОНЦЕНТРАТОРІВ В П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ВІСКОЗИМЕТРАХ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ ПЛОМБУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В СТОМАТОЛОГІЇ

***Анотація.** В роботі проведено дослідження процесу контролю в'язкості пломбувальної суміші за допомогою п'єзоелектричних віскозиметрів з ультразвуковими коливальними системами для підвищення потужності коливального процесу а, отже, розширення діапазону та підвищення точності вимірювання. Наведено конструкцію пристрою, що реалізує запропоноване і проведено комп'ютерне моделювання. В процесі комп'ютерного моделювання було розглянуто розподіл бульбашок (при стаціонарній кавітації) за розміром та при різній амплітуді коливання біля торця ультразвукового концентратора. Виявлено, що розподіл бульбашок за розміром обернено пропорційний швидкості зростання за радіусом, на резонансній частоті явище кавітації зведено до мінімуму.*

***Ключові слова:** стоматологія, пломбувальний матеріал, в'язкість, п'єзоелектричний перетворювач, кавітація, ультразвуковий концентратор.*

Вступ. Істотним і заключним етапом лікування одного з найпоширеніших стоматологічних захворювань - карієсу - є пломбування зуба. Воно являє собою заповнення порожнини, що утворилася в твердих тканинах зуба, спеціальними матеріалами з метою відновлення анатомічної форми зуба, припинення подальшого розвитку каріозного процесу і відновлення фізіологічної функції зуба [1].

У клінічній практиці використовується широкий асортимент пломбувальних матеріалів, які з точки зору завдань пломбування, мають як позитивні, так і негативні властивості. Для отримання оптимального клінічного ефекту при пломбуванні зубів лікар повинен мати чітке уявлення про основні параметри пломбувальних матеріалів, їх хімічну природу, фізичні і механічні властивості, реакції тканин зуба і періодонта на імплантований матеріал. Правильне використання пломбувальних матеріалів вимагає від лікаря знання не тільки властивостей пломбувальних матеріалів, а й усіх змін, що відбуваються в матеріалі в процесі пломбування. Незнання або недооцінка технологічних і клінічних аспектів роботи з пломбувальними матеріалами призводить до зниження якості пломб [2].

Існує цілий ряд помилок і ускладнень при пломбуванні, наприклад, неправильне співвідношення порошок - рідина, призводить до зниження фізико-механічних властивостей пломби. Невірна методика замішування матеріалу, недостатнє розмішування порошку з рідиною призводить до порушення пластичності матеріалу. Також при недостатньому перемішуванні порошку з рідиною залишаються нерозтерті крупинки цементу, які порушують структуру пломби, і вона швидко кришиться. Недостатній час зчеплення може привести до виникнення вторинного карієсу. Нехтування консистенцією пломбувального матеріалу в момент введення його в порожнину призводить до того, що пломба погано прилягає до стінок порожнини, недостатньо прилипає і формування контуру пломби ускладнюється.

Після замішування пломбувальні матеріали набувають пластичності, яку зберігають на протязі деякого короткого проміжку часу, що має назву «робочий час». Протягом цього часу пластичність матеріалу змінюється - він стає більш в'язким. Внесення матеріалу та його формування поза межами робочого часу призводять до порушення адгезії і випадіння пломби [3].

Метою роботи є дослідження процесу контролю в'язкості пломбувальної суміші за допомогою п'єзоелектричних віскозиметрів з ультразвуковими коливальними системами для підвищення потужності коливального процесу а, отже, розширення діапазону та підвищення точності вимірювання.

Більшість магнітострикційних і п'єзоелектричних перетворювачів працює в режимі одностороннього випромінювання, коли випромінюючою є лише одна його сторона. Максимальна амплітуда коливань перетворювача навіть на резонансному режимі невелика - не

більше 5-10 мкм. Для збільшення амплітуди коливань інструменту і узгодження перетворювача з навантаженням застосовують ультразвукові концентратори [4].

Як відомо, ультразвуковий концентратор (УЗК) являє собою механічний трансформатор коливань (рис.1). Це означає, що амплітуда зсувів на вихідній стороні концентратора в K разів більша, ніж на вхідній, де K - коефіцієнт підсилення. Основною характеристикою їх є теоретичний коефіцієнт підсилення K , що показує, у скільки разів амплітуда коливань його вихідного торця більша амплітуди на вхідному торці. Цей коефіцієнт залежить від співвідношення N діаметрів вхідного $D1$ і вихідного $D2$ торців концентратора: $N=D1/D2$.

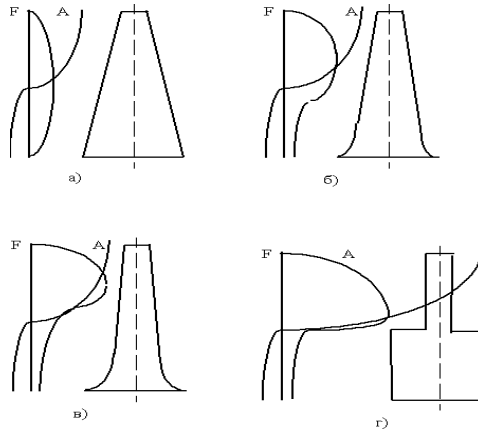


Рис. 1. Ультразвукові концентратори:

а) - конусний; б) - експоненціальний; в) - катеноїдальний; г) - ступінчастий

Найбільший коефіцієнт підсилення амплітуди при одному і тому ж значенні N забезпечується ступінчастим концентратором. У нього $K=N^2$. Цим пояснюється широке застосування концентраторів ступеневого типу в різних ультразвукових установках. Крім того, ці концентратори простіші у виготовленні, що часом є найважливішою умовою для успішного застосування ультразвукової обробки [5]. Значення коефіцієнта підсилення амплітуди ступінчастого концентратора беруть з урахуванням запобігання можливості виникнення бічних коливань, що спостерігається при великих коефіцієнтах посилення ($K>8...10$), а також його міцності даних. На практиці коефіцієнт підсилення у ступінчастого концентратора приймають рівним від чотирьох до шести. Концентратори можуть бути невід'ємною частиною коливальної системи або змінним її елементом. У першому випадку вони з'єднуються безпосередньо з перетворювачем методом пайки. Змінні концентратори з'єднують з коливальною системою (наприклад, з перехідним фланцем) за допомогою різьблення [6].

Авторами була запропонована конструкція перетворювача зі ступінчастим концентратором (рис.2) для підвищення потужності коливального процесу а, отже, розширення діапазону та підвищення точності вимірювання. [7, 8].

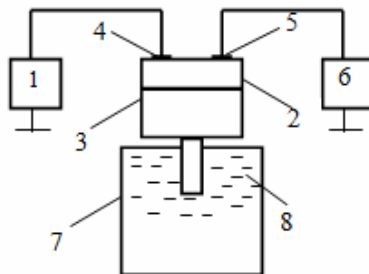
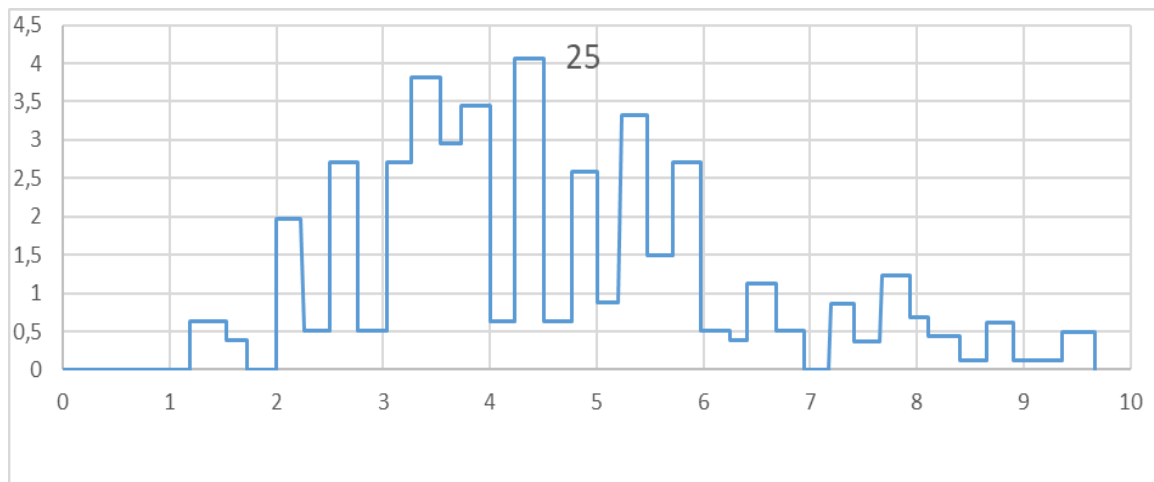


Рис. 2. Перетворювач в'язкості:

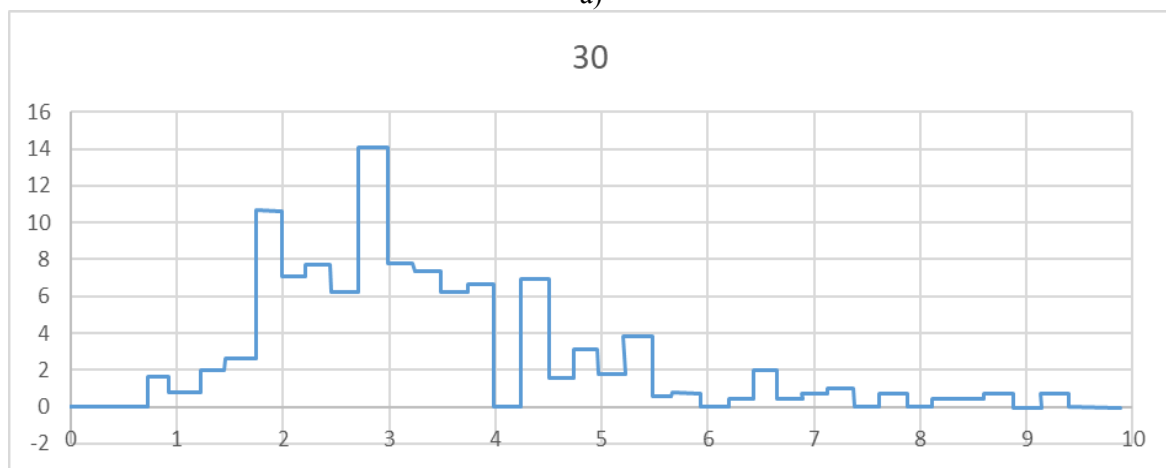
1 - генератор електричних коливань; 2 - дисковий п'єзоелемент; 3 - ступінчастий концентратор; 4 - вхідна система електродів; 5 - вихідна система електродів; 6 - лічильник; 7 - судина; 8 - досліджувальна суміш

Відомо, що при роботі коливальної системи в повітрі на резонансній частоті, в ній виникає стояча хвиля. При приміщенні системи в суміш, з'являється також хвиля, що біжить, яка обумовлює ультразвукові втрати, які, в свою чергу, залежать від глибини занурення в суміш і співвідношення акустичних опорів матеріалів випромінювача і суміші, що досліджується [9, 10].

Раніше експериментально встановлено [7], що в зонах концентратора, де існують максимальні амплітуди коливань, в рідині виникають кавітаційні бульбашки, які спотворюють результати вимірювань в'язкості



а)



б)

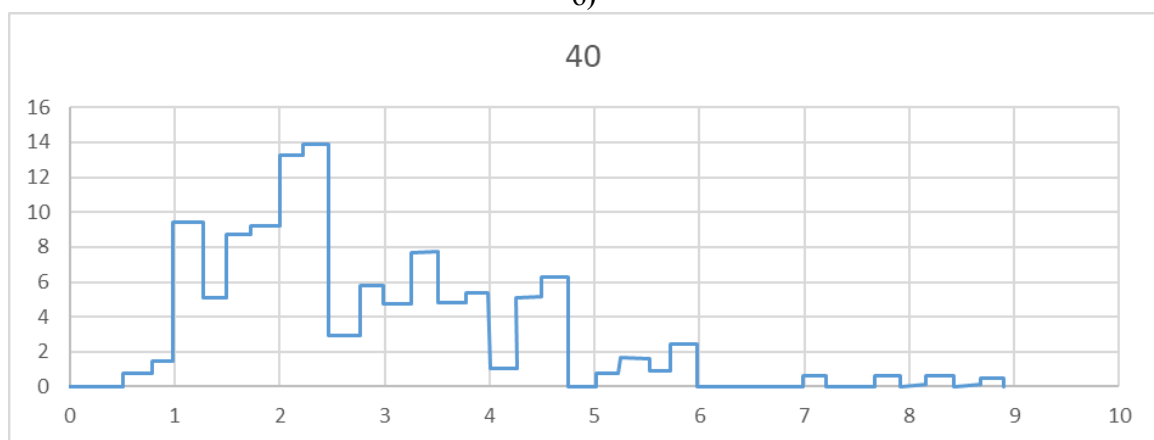


Рис. 3. Розподіл бульбашок за розміром при різній амплітуді коливання:
а – амплітуда коливання біля торця концентратора 25 мкм; б - амплітуда коливання біля торця концентратора 30 мкм; в - амплітуда коливання біля торця концентратора 40 мкм

За допомогою комп'ютерного моделювання було розглянуто процес розподілу бульбашок (при стаціонарній кавітації) за розміром та при різній амплітуді коливання біля торця ультразвукового концентратора (рис.3), на рисунку вісь абсцис – значення радіусу бульбашок, вісь ординат – кількість бульбашок. Розподіл отриманий при коливаннях ультразвукового концентратора на частоті 22 кГц.

Як видно з рисунку, розподіл пухирців за розміром обернено пропорційний швидкості зростання за радіусом. На резонансній частоті маємо «обвал» в функції розподілу, тобто явище кавітації зведене до мінімуму.

Висновки. Отже, використання ступінчатого ультразвукового концентратора в п'єзоелектричних віскозиметрах дозволяє розширити діапазон вимірювання та мінімізувати появу кавітаційних бульбашок, і тим самим збільшити точність вимірювання в'язкості пломбувальних сумішей.

Список літератури

1. Поюровская И.Я. Стоматологическое материаловедение. Учебное пособие - ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 192 с.
2. Трезубов В.Н., Шейнгатт М.З., Мишнев Л.М. Ортопедическая стоматология; Прикладное материаловедение: Учебник для медицинских вузов/ Под ред. проф. В.Н.Трезубова. 3-е изд., испр.и доп.- СПб: СпецЛит, 2003. – С. 63-68; 123-127; 181-184; 208-210; 302-310.
3. Вязмитина А.В., Усевич Т.Л. Материаловедение в стоматологии: Справочник. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 200 с.
4. Макаров Л. О. Методика расчета стержневых экспоненциальных ультразвуковых концентраторов. - Применение ультразвука в промышленности. М., Машгиз, 1959.
5. Теумин И.И. Ультразвуковые колебательные системы. – Москва. – машгиз., 1959. 331 с.
6. Гаврилов А.Н. Современное состояние и направления развития технологии машиностроения и приборостроения - 1960 – 564 с.
7. Кисиль Т. Ю. Ультразвуковой метод, пьезоэлектрические преобразователи и устройства контроля вязкости жидкости повышенной точности для систем управления. Канд. дис., ОНПУ, 2003. – с.137
8. Патент України по заявці №20021210781 від 29.12.2002 Пристрій для вимірювання в'язкості рідини// Шарапов В.М., Кісіль Т.Ю.
9. Шульга Н.А., Болкисев А.М. Колебания пьезоэлектрических тел. – К.: Наукова думка, 1990.
10. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. – Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. - с.915

Т.Ю. Кисиль, к.т.н., доцент, Л.Г. Куницкая, к.т.н., доцент, В.В. Туз, к.т.н., доцент
Черкасский государственный технологический университет

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ В ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВИСКОЗИМЕТРАХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПЛОМБИРОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТОМАТОЛОГИИ

Аннотация. В работе проведено исследование процесса контроля вязкости пломбировочной смеси с помощью пьезоэлектрических вискозиметров с ультразвуковыми колебательными системами для повышения мощности колебательного процесса и, следовательно, расширение диапазона и повышение точности измерения. Приведена конструкция устройства, реализующего предложенное и проведено компьютерное моделирование. В процессе компьютерного моделирования были рассмотрены процесс распределения пузырьков (при стационарной кавитации) по размеру и при разной амплитуде колебания у торца ультразвукового концентратора. Выявлено, что распределение пузырьков по размеру обратно пропорционально скорости роста по радиусу, на резонансной частоте явление кавитации сведено к минимуму.

Ключевые слова: стоматология, пломбировочный материал, вязкость, пьезоэлектрический преобразователь, кавитация, ультразвуковой концентратор

**T. Yu. Kisil, Ph.D., associate professor, L.G. Kuniyska, Ph.D., associate professor,
V.V. Tuz, Ph.D., associate Professor**
Cherkasy State Technological University

**ABOUT THE APPLICABILITY OF ULTRASONIC CONCENTRATORS IN
PIEZOELECTRIC VISCOMETERS FOR MONITORING THE CONDITION OF
FILLING MATERIALS IN DENTISTRY**

***Annotation.** The process of monitoring the filling mixture viscosity using piezoelectric viscometers with ultrasonic oscillatory systems, in order to increase the power of the oscillatory process and therefore expand the range and improve the measurement accuracy, was investigated in the study. The design of the device for implementing the proposed solution was provided and computational modelling was performed. In the course of the computational modelling, the process of bubbles distribution (under the stationary cavitation) based on the size and with different oscillation amplitudes at the end of the ultrasonic concentrator was studied. It was discovered that the bubbles distribution based on the size is inversely proportional to the radial growth rate, the cavitation is minimized on the resonant frequency.*

***Keywords:** dentistry, filling material, viscosity, piezoelectric transducer, cavitation, ultrasonic concentrator*

Стаття надійшла до редакції 29.10.2018