

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПЛОМБИРОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ОПТИЧЕСКОЙ И АКУСТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

**Наймушин Ю.Н., Рединова Т.Л., Тимофеев А.А.,
Метелева Т.Ю., Ефремов М.С., Шелковников Ю.К.**

Институт прикладной механики УрО РАН
г. Ижевск

Для контроля качества пломбирования наиболее часто применяют методы рентгенографии, акустической микроскопии и визуального наблюдения. Каждый метод обладает определенными достоинствами и недостатками. Достоинства визуального и акустического методов контроля – бесконтактность, отсутствие необходимости специальной подготовки образца для контроля.

Исследование пломбировочных материалов не может быть полноценным без натурных испытаний. Для этой цели разработано устройство, имитирующее жевательные движения с регулируемым усилием [1]. Анализ и регистрация процесса разрушения пломбировочного материала в процессе испытаний возможны с помощью цифрового оптического микроскопа (ЦОМ). Но выпускаемые промышленностью цифровые микроскопы неудобны тем, что приходится вынимать испытуемый образец из установки и помещать его под микроскоп. При этом условия эксперимента оказываются нарушенными, а испытание – неоднозначным. Необходимо так построить эксперимент, чтобы при неизменных условиях провести полное испытание, периодически через каждые n -циклов регистрируя развитие процесса разрушения пломбировочного материала с ростом количества циклов воздействия.

Решение данной задачи возможно с помощью встроенного оптического цифрового микроскопа, который является неотъемлемой частью установки для испытания пломбировочных материалов и автоматически через n -циклов фиксирует в компьютере изображение исследуемого объекта. Соединение в единую установку оптического и акустического микроскопов позволяет сформировать ее новые возможности, которыми не обладает ни один из составляющих компонентов.

На рисунке 1 представлен внешний вид разработанного цифрового оптического микроскопа.



Рисунок 1 – Внешний вид ЦОМ

В микроскопе применены доработанные цветные ПЗС-камеры, передающие в компьютер по USB-каналу сжатые JPEG-изображения (размером 320×240 пикселей цветного изображения). Камеры обеспечиваются питанием от компьютера через USB-канал. Программное обеспечение микроскопа позволяет формировать альбом испытаний образца для демонстрации развития дефекта в процессе испытаний. Изображения могут сравниваться (в частности, наложением одно на другое) визуально или программно. Уровень освещения объекта в конечном счете определяет отношение сигнал/шум в исследуемой области изображения. Определена предельная разрешающая способность ЦОМ. На рисунке 2 приведены изображения эталонного объекта с разным увеличением.

В режиме максимального увеличения одному пикселю соответствует размер в поле предмета равный $1,5 \text{ мкм}$. Во всех случаях размер матрицы изображений 320×240 пикселей. На последнем рисунке заметно падение разрешающей способности из-за приближения оптики к своему физическому пределу ($\sim 0,8 \text{ мкм}$).

Для изучения характеристик новых пломбировочных материалов и отработки технологии их применения необходимо дополнить испытательное оборудование эффективными средствами контроля не только визуальных, но и скрытых дефектов.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПЛОМБИРОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ОПТИЧЕСКОЙ И АКУСТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

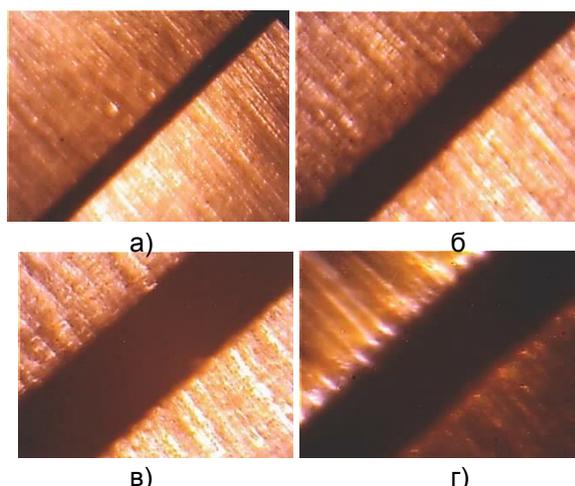


Рисунок 2 – Эталонный объект размером 300 ± 5 мкм: а – с увеличением $\times 6$; б – $\times 10$; в – $\times 40$; г – $\times 70$

Разработка неразрушающих методов исследования стоматологических материалов с использованием акустического микроскопа позволяет сократить время исследований, уменьшить количество образцов, повысить точность и информативность измерений.

Акустическая микроскопия дает возможность локализовать скрытые полости, дефекты в толще пломбирочного материала, расслоения на границе пломбы и зуба, изменение свойств материалов в процессе циклических испытаний, уменьшить время и затраты на их проведение.

Для зондирования исследуемого объекта используются единичные короткие импульсы и пакеты импульсов, заполненные радиочастотой 50,0...200,0 МГц.

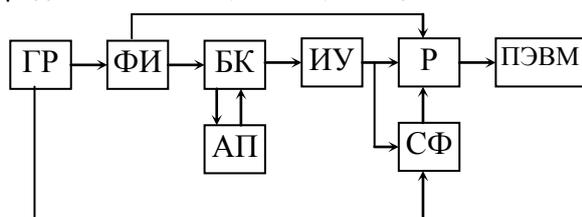


Рисунок 3 – Структурная схема акустического микроскопа (где ГР – генератор радиочастоты; ФИ – формирователь импульсов, заполненных радиочастотой с $\tau=5 \dots 100$ нс и периодом повторения $T=0,1 \dots 10$ мкс; БК – быстродействующий коммутатор; АП – акустический преобразователь; ИУ – избирательный усилитель с АРУ; Р – регистратор эхо-сигнала; СФ – селектор фазы)

Генератор радиочастоты ГР позволяет подобрать оптимальную частоту в зависимости от используемого акустического преобразователя АП и условий эксперимента. Быстродействующий коммутатор БК необходим для устранения перегрузки высокочувствительного усилителя ИУ при передаче импульса зондирования от формирователя ФИ к акустическому преобразователю АП. Усилитель снабжен регулировкой усиления (автоматической и ручной). Регистратор эхо-сигнала Р с регулируемой задержкой начала регистрации позволяет вырезать время «прямого хода», а также производить временную селекцию отраженного сигнала для поиска интересующего объекта. Селектор фазы СФ, используя опорную фазу генератора радиочастоты ГР, позволяет произвести дополнительную селекцию сигнала по фазе для улучшения распознавания эхо-сигналов. Селектор состоит из фазовращателя опорного сигнала и синхронного детектора, который выделяет сигнал, совпадающий по фазе с опорным.

Блоки ГР, ФИ, БК, АП образуют передающую часть устройства, а блоки БК, АП, Р, ИУ, СФ – приемную.

В каждой выбранной точке зондирования строятся акустические кривые. Перемещение от точки к точке механическое. Параметры блоков ГР, ФИ, ИУ, Р, СФ настраиваются на получение максимального «контраста», разрешающей способности, информативности и т.д. в зависимости от целей эксперимента. Акустические кривые вводятся в ПЭВМ, где можно проследить изменение свойств материалов и развитие дефектов при имитации жевательных движений (накопление их количества).

Испытания установки для исследования пломбирочных материалов показали, что применение методов оптической и акустической микроскопии для изучения характеристик и автоматизации регистрации краевого прилегания пломбирочных материалов позволило существенно сократить время исследований и повысить достоверность полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ на полезную модель № 51861 от 10.03.06. Устройство для испытания прочности пломб дефектных зубов / Рединова Т.Л., Метелева Т.Ю., Шелковников Ю.К.