



Перспективы использования нанокристаллических материалов в хирургической стоматологии

А.З. Абдурахмонов, Д.С. Шерматов, С.С. Субханов, Д. Рашидов*, Ш. Туйчиев*

Кафедра челюстно-лицевой хирургии с детской стоматологией ТГМУ;

*НИИ физики твёрдых тел Таджикского национального университета

Методами рентгенографии, механики и калориметрии изучено влияние фуллереновой сажи и нанокристаллических (НА) на структуру, механические и тепловые свойства акриловой (АКР-7) пластмассы.

Показано, что внедрение малых добавок нанокристаллических материалов сопровождается изменениями в механических и тепловых свойствах пластмассы. Наиболее подходящим является композит АКР-7+НА, так как очищенная шихта НА из разного рода примесей представляет собой бесцветный или белый порошок, совместимый с биологической тканью.

В детской стоматологии зубные протезы должны обладать как высокой прочностью, так и эластичностью. Для приготовления зубных протезов рекомендуется использование композита на основе АКР-7+силиконовый каучук+НА, характеристика которого отвечает нуждам практической стоматологии.

Ключевые слова: сополимер, фуллереновая сажа, нанокристаллические материалы, акриловая пластмасса

Введение. В настоящее время для изменения физико-химических и технологических свойств композитных материалов применяются нанокристаллические материалы (фуллерены, нанотрубки, нанокристаллические и др.) [1,2]. Внедрение малых добавок наночастиц позволяет в широких пределах варьировать эксплуатационные и технологические свойства композитных материалов [3,4]. В этом аспекте представляет интерес применение нанокристаллических материалов в технологии получения и приготовления протезов различного назначения в стоматологии.

Цель работы заключается в исследовании структуры, технологических и эксплуатационных свойств АКР-7-пластика при допировании его фуллереновой сажей (ФС) и нанокристаллическими (НА).

Материал и методы. В качестве объектов исследования использовали сополимер АКР-7, жидкий мономер метилметакрилат (ММА), фуллереновую сажу, нанокристаллическую шихту и очищенную нанокристаллическую шихту (НА). Из смеси порошков АКР-7, ФС, НА и ММА готовили вначале формовочную массу, а затем путём прессования получали плёнки толщиной 0,15-0,2 мм при 20°C. Концентрацию нанокристаллических добавок ФС и НА варьировали в пределах С=0-1%. Методами рентгенографии на больших (БР) и малых (МР) углах на стандартных установках ДРОН-2 и КРМ-1 изучали структуру образцов. Во всех исследованиях использовали медное излучение, фильтрованное никелем. Механические испытания на растяжение прово-

дили на установке РМ-1 со скоростью деформации 0,01с⁻¹. Тепловые испытания в циклах «нагревание и охлаждение» проводили на приборе DSC-201F фирмы Netzsch, при скорости нагрева и охлаждения образцов 10град./мин. Состояние образцов неориентированное. Рентгенографические и механические исследования образцов проводили при Т=20°.

Результаты и их обсуждение. Необходимо отметить, что результаты структурно-физических исследований аморфных полимеров, таких как ПММА и ПС [3,4], а также АКР-7, допированных ФС и НА, качественно и количественно практически не различаются, поэтому мы остановимся на обсуждении результатов, полученных для композита АКР-7+ФС; в отдельных случаях укажем на некоторые специфические черты изменения структуры и свойств АКР-7+НА.

На рисунке 1 приведены большеугловые рентгенограммы (БР) исходного (кривая 1) и фуллеренсодержащих образцов АКР-7 (кривые 1-5). На БР наблюдаются два широких аморфных гало с максимумами на углах $2\theta_1=12,5^\circ$ и $2\theta_2=30,5^\circ$, которым соответствуют межчастичные расстояния $d_1=7,08$ и $d_2=2,93\text{Å}$. С увеличением концентрации ФС в интервале С=0-1% при одинаковой геометрии съёмки БР и толщины образцов в пределах, допустимых погрешности опытов, интенсивность, положение 2θ и радиальная ширина отражений $\Delta 2\theta$, практически, остаются постоянными. Следовательно, молекулы добавок не взаимодействуют с молекулами матрицы.

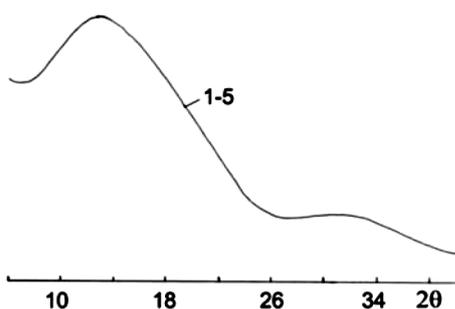


РИС. 1. БОЛЬШЕУГЛОВЫЕ РЕНТГЕНОГРАММЫ АКР-7+ФС. 1-С=0; 2-0,01; 3-0,1; 4-0,5; 5-1% ФС

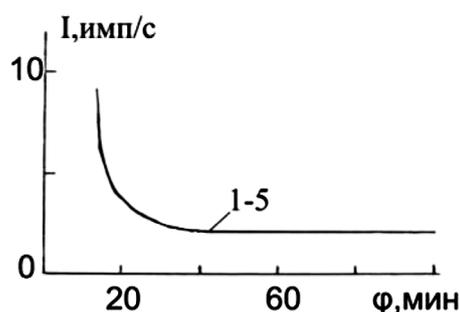


РИС. 2. МАЛОУГЛОВЫЕ РЕНТГЕНОГРАММЫ АКР-7+ФС. 1-С=0; 2-0,01; 3-0,1; 4-0,5; 5-1% ФС

АКР-7 представляет собой пористую систему, состоящую из мелких и крупных пор и трещин. Об этом свидетельствуют малоугловые рентгенограммы (МР) образцов. Как видно из рисунка 2, МР исходных и фуллеренсодержащих образцов характеризуются наличием диффузного рассеяния в области сверхмалых углов $2\theta=12-30$ угл./мин., а затем в области $2\theta=30-120$ угл./мин. наблюдается фоновое диффузное рассеяние постоянной интенсивности I_d . Такая картина МР характерна стеклообразным аморфным полимерам, содержащих микро неоднородности типа пор и трещин. Обработка кривых малоуглового распределения интенсивности $I(\varphi)$ согласно методики [5] показала, что в образцах имеются поры малых $N_m=3$ нм и крупных $N_k=20$ нм размеров с концентрациями $N_m=2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и $N_k=0,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, соответственно. В пределах использованных концентраций добавок С=0-1% картина диффузного МР практически не изменяется, но наблюдается тенденция снижения I_d с ростом концентрации ФС. По-видимому, молекулы добавок располагаются в микро неоднородностях типа пор и трещин в межмолекулярных аморфных областях композитного материала [3-5].

В случае композита АКР-7+НА на МР наблюдается тенденция некоторого слабого увеличения I_d с ростом концентрации НА. Поскольку размеры частиц НА несколько больше чем фуллерены, то проникновение частиц НА в АКР-7 может сопровождаться не только заполнением пор и трещин, но и возникновением новых таких же микро неоднородностей. Суммарное рассеяние от таких систем обуславливает увеличение I_d . Тогда такое распределение молекул

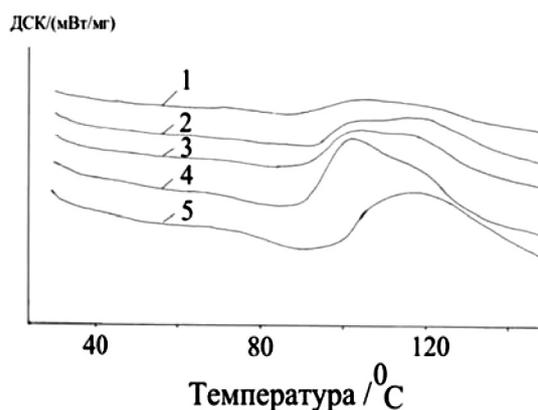


РИС. 3. ДСК-ГРАММЫ АКР-7+ФС. 1-С=0; 2-0,01; 3-0,1; 4-0,5; 5-1% ФС

добавок может привести к изменению механических и тепловых свойств композитов. В таблице и на рисунке 3 приведены результаты механических и тепловых испытаний серий образцов как исходных, так и допированных добавками ФС.

Кривые деформации $\sigma(\epsilon)$ образцов представляли собой прямые линии, параметры которых с ростом концентрации добавок в интервале С=0-0,1% остаются постоянными, а при С=0,1-1% происходит падение прочности σ и модуля Е при неизменности удлинения ϵ .

ТАБЛИЦА. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПОЛИМЕРА АКР-7

№ п/п	Концентрация ФС в сополимере (С,%)	0	0,01	0,1	0,5	1
1	Разрывная прочность (σ , МПа)	54	54	50	38	37
2	Разрывное удлинение, ϵ ,%	~1	~1	~1	~1	~1
3	Модуль упругости (Е, МПа)	5400	5400	5000	3800	3700



Поведение механических показателей АКР-7 свидетельствует о том, что молекулы внедрённых добавок оказывают некоторое слабое пластифицирующее воздействие, что должно отразиться не только на изменениях механических, но и тепловых свойств образцов [3,4]. Так например, как видно из рисунка 3, на ДСК-граммах исходного и фуллерен-содержащего АКР-7 наблюдается слабый размытый эндопик при $T_1=85^\circ$ и широкие экзопики в интервале $T_2=102^\circ$ и $T_3=120^\circ$. По-видимому, T_1 соответствует температуре стеклования (размягчения), T_2 – температуре улетучивания остатков свободного и T_3 – связанного мономера ММА. С ростом концентрации добавок для T_1 , T_2 и T_3 наблюдается тенденция смещения их положений в сторону высоких температур.

Таким образом, внедрение малых добавок молекул ФС в сополимер АКР-7 не приводит к заметному изменению структуры, но сопровождается охрупчением материала, снижением прочности и модуля образцов при постоянстве их разрывного удлинения, а также изменением температуры перехода (стеклования или размягчения) материала и улетучивания свободного и связанного мономера ММА.

Таким образом, из анализа полученных механических данных (прочности и деформации), а также нежелательного изменения цвета композита АКР-7+ФС из белого в чёрный следует, что этот композит не применим в стоматологии.

Наиболее подходящим является композит АКР-7+НА, так как очищенная шихта НА из разного рода примесей представляет собой бесцветный или белый порошок, совместимый с биологической тканью. В детской стоматологии зубные протезы должны обладать как высокой прочностью, так и эластичностью. Для приготовления зубных протезов рекомендуется использование композита на основе АКР-7+силиконовый каучук+НА, характеристика которого отвечает нуждам практической стоматологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пиотровский Л.Б. Фуллерены в биологии / Л.Б.Пиотровский, О.И.Киселёв // С-Пб. - 2006. - 336с.
2. Трефилов В.И. Фуллерены – основа материалов будущего / В.И.Трефилов [и др.] // Киев. АДЕФ-Украина. - 2001. - 148с.
3. Гинзбург Б.М. Влияние фуллерена C60 на структуру и механические свойства полиэтилена: технологический аспект / Б.М.Гинзбург [и др.] // Высокомолек. соедин., серия А. - 2011. - Т.53, №6. - С.883-896
4. Гинзбург Б.М. Влияние фуллерена C60 на структуру и механические свойства тонких плёнок из полиметилметакрилата и других карбоцепных полимеров винилового ряда: технологический аспект / Б.М.Гинзбург [и др.] // Высокомолек. соедин. серия А. - 2012. - Т.54, №8. - С.1283-1296
5. Тамуж В.П. Микромеханика разрушения полимерных материалов / В.П.Тамуж, В.С.Куксенко. - Рига. - 1978. - 294с.



Summary

Prospects of nanocarbon materials use in dental surgery

A.Z. Abdurahmonov, D.S. Shermatov, S.S. Subhanov, D. Rashidov*, Sh. Tuichiyev*

Chair of Oral and Maxillofacial Surgery with pediatric dentistry Avicenna TSMU;

Research Institute of Physics of Solids Tajik National University

By methods of X-ray diffraction, calorimetry and mechanics was studied the effect of fullerene soot and nanodiamonds (NA) on the structure, mechanical and thermal properties of acrylic resin (ACR -7).

It is shown that the introduction of small additions of nanocarbon materials is accompanied by changes in the mechanical and thermal properties of plastics. The most suitable composite is CRA TO + 7 NA as purified blend NA of different kinds of impurities is a colorless or white powder that is compatible with biological tissue.

In pediatric dentistry dentures must possess both high strength and elasticity. For the preparation of dental prostheses are recommended based on the use of composite AKR-7 + silicone rubber +NA, which specifications meet the needs of the practice of dentistry.

Key words: copolymer, fullerene soot, nanodiamonds, acrylic plastic

АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Абдурахмонов Абдугафор Зоирович – аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии с детской стоматологией ТГМУ;
Таджикистан, г.Душанбе, пр.И.Сомони, 59
E-mail: abdurahmonov.abdugafor@mail.ru