

**МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА ПУТЕМ НАПЫЛЕНИЯ ВЧ-
МАГНЕТРОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА**

Т.С. Прямушко, И.Ю. Грубова, Т.М. Мухаметкалиев

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Р.А. Сурменев

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: tatyana.pryamushko@mail.ru

**THE POLYTETRAFLUOROETHYLENE SURFACE MODIFICATION BY RF-MAGNETRON
SPUTTERING OF THE TARGET MADE OF HYDROXYAPATITE**

T.S. Pryamushko, I.Yu. Grubova, T.M. Mukhametkaliyev

Scientific Supervisor: Dr. R.A. Surmenev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: tatyana.pryamushko@mail.ru

The osseointegration rate of the polytetrafluoroethylene (PTFE) dental implants is related to their composition and properties of surface. Osteoconductive calcium phosphate coatings promote bone healing and apposition, leading to the rapid biological fixation of implants. The deposition of the hydroxyapatite (HA) coating on the PTFE surface by the RF magnetron sputtering method and the influence of this modification on the wettability, and physicochemical properties are presented in the present work.

В настоящее время полимеры используются во многих отраслях промышленности за счёт высокой стойкости к истиранию, которая позволяет выдерживать высокую нагрузку, в том числе и в агрессивных средах. Одним из самых успешно применяемых полимеров для изготовления имплантатов является политетрафторэтилен (ПТФЭ) $(-C_2F_4-)_n$. Данный материал не токсичен, химически стойкий и обладает высокой биологической совместимостью с организмом человека [2]. Однако ПТФЭ биоинертен и слабо воздействует на рост костной ткани *in vivo*, что особенно важно на начальном постоперационном периоде. С целью повышения скорости остеоинтеграции имплантата, была проведена модификация поверхности путем нанесения тонкого покрытия на основе гидроксиапатита (ГА). Данное покрытие обладает биоактивными свойствами: химический состав ГА на 90% схож с составом кости человека. Покрытия были сформированы с помощью высокочастотного (ВЧ-) магнетронного напыления. ВЧ-магнетронное напыление позволяет получать тонкие покрытия с высокой адгезией и контролируемым стехиометрическим соотношением элементов в покрытии.

Целью данной работы является модифицирование поверхности ПТФЭ с помощью ВЧ-магнетронного метода напыления ГА покрытия; исследование влияния модификации поверхности ПТФЭ на значение краевого угла смачиваемости и свободной энергии поверхности.

В качестве исходного материала был выбран пористый ПТФЭ (20x20x1 мм³) компании «Экофлон» для замещения дефектов костей и глазницы. Данный материал химически инертен, прошел клиническое исследование и уже используется в медицине.

Порошок ГА – $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, для мишени был получен механохимическим методом. Мишень для распыления (Ø 220 мм, толщина 10 мм) готовилась по керамической технологии: прессование порошка

при давлении 70 МПа, затем отжиг полученной пресс-формы при температуре 1100°C в течение 1 часа на воздухе. Напыление ГА-покрытия проводили в разных режимах при рабочем давлении 0,4 Па и заземлённом подложкодержателе (ЗП) на полностью автоматизированной установке 08ПХО–100Т-005 с ВЧ-магнетронным источником (5,28 МГц) (таблица 1).

Таблица 1. Маркировка исследуемых образцов

Режим обработки	Маркировка
исходник	ПТФЭ_1
500Вт; 2 часа	ПТФЭ_5_2_ГА
300Вт; 2 часа	ПТФЭ_3_2_ГА
300Вт; 4 часа	ПТФЭ_3_4_ГА
300Вт; 6 часов	ПТФЭ_3_6_ГА

Для определения смачиваемости и свободной энергии поверхности (СЭП) использовалась установка EASYDROP фирмы KRUSS с программным обеспечением DSA1.

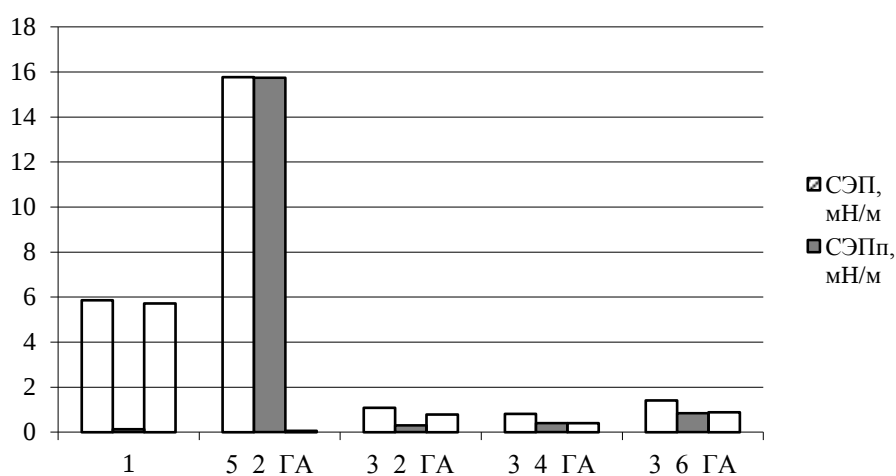


Рис. 1. Значения свободной энергии поверхности исходных и модифицированных образцов

После модификации образцов посредством напыления ГА покрытий поверхность образцов становится более гидрофобной у образцов, обработанных при мощности 300 Вт в течение 4 и 6 часов: краевой угол смачивания водой увеличился на 5-6° (с 139,23° до 144,16° для ПТФЭ_3_4_ГА и до 144,53° для ПТФЭ_3_6_ГА), СЭП данных образцов уменьшилась в 6 раз (с 5,86 мН/м до 0,81 мН/м для ПТФЭ_3_4_ГА и до 1,41 мН/м для ПТФЭ_3_6_ГА), причем полярная и дисперсионные ее составляющие равны. Однако результаты исследования образца ПТФЭ_5_2_ГА показали гидрофилизацию поверхности: краевой угол смачивания деионизированной водой поверхности уменьшился на 35,3° относительно исходного материала и стал равен 103,93°. Кроме того СЭП у образца ПТФЭ_5_2_ГА возросла в 3 раза (с 5,86 мН/м до 15,77 мН/м), причем за счет его полярной составляющей (рисунок 1).

По полученным значениям краевого угла смачивания были построены графики, отражающие его изменения в соответствии с мощностью и временем напыления. На рисунке 2 представлена зависимость контактного угла от времени обработки для мощности 300 Вт – с увеличением времени возрастает угол смачивания от 132° до 143°, что свидетельствует о гидрофобности поверхности.

На рисунке 2б представлена зависимость угла смачивания водой от мощности напыления для времени

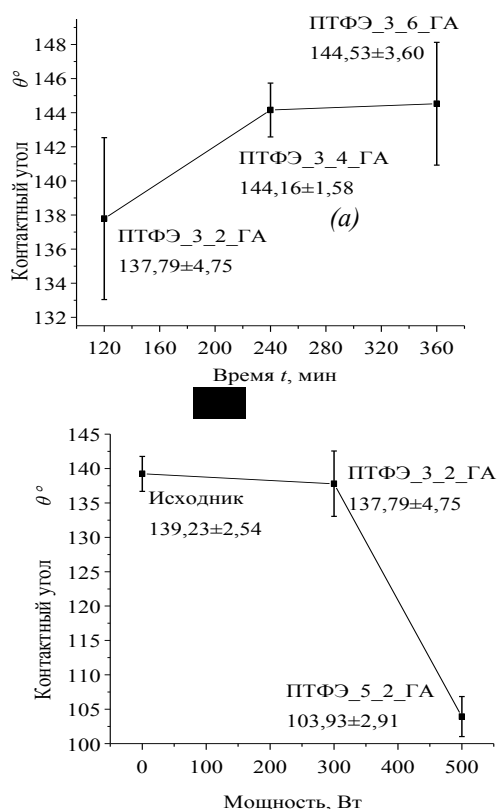


Рис.2. Графики зависимости краевого угла смачивания от: а) времени обработки образцов для мощности 300 Вт; б) от мощности

2 часа – с увеличением мощности наблюдается уменьшение угла смачивания с 139° до 104° . Наибольшее снижение контактного угла (на $35,3^\circ$) наблюдается у образца, обработанного при мощности 500 Вт в течение 2-х часов. Образец, модифицированный при 300 Вт в течение 2-х часов, практически не изменил значения краевого угла смачивания (от $139,23^\circ$ до $137,79^\circ$).

Таким образом, в ходе данного исследования была проведена модификация поверхности образцов ПТФЭ при варьируемой мощности и времени. Анализ полученных данных привел к выводу о том, что для гидрофилизации поверхности при ВЧ-магнетронном напылении ГА-покрытий на ПТФЭ, необходимо варьировать мощность в окрестности значения 500 Вт и уменьшать время обработки поверхности.

Исследование выполнено при поддержке гранта и стипендии Президента РФ СП-6664.2013.4 и МК-485.2014.8, российского фонда фундаментальных исследований (13-08-98082, 14-08-31027 мол-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Biomaterials science: an introduction to materials in medicine. 2nd edition / ed. by B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Schoen, J.E. Lemons. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. – 851 p.;
2. Ребиндер П.А., Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избранные труды. – М.: Наука, 1979. – 384 с.;
3. Штанский Д.В., Башкова И.А., Левашов Е.А., Многофункциональные наноструктурные покрытия для имплантатов, работающих под нагрузкой // Доклады академии наук. – 2005. Т. 404. – №2. – С. 1–4.