

При необходимости насос может быть использован как компрессор, способный обеспечить избыточное давление 1,5...2,0 атмосферы. Перевод насоса на режим компримирования обеспечивается перенастройкой перепускных клапанов в первой и второй секциях на заданное давление.

Литература

1. В.Хлумский. Ротационные компрессоры и вакуум-насосы. М., Машиностроение, 1973.
2. Алешин С.В., Мишнаевский В.В. Компрессор. Патент на изобретение № 2458251. Заявка № 2010142442 от 10 августа 2012 г.
3. Мишнаевский В.В. Коомпрессор. Патент на полезную модель № 149 329ю Заявка № 2014128251/06Б 18.07.2014.

Пучково-плазменная обработка стоматологических пластмасс в низком вакууме

Аунг Мьят Хейн, В.А. Мясников

*г. Долгопрудный, Московская обл., Московский физико-технический институт,
Институтский пер., д. 9*

E-mail: greatofaungmyathein52@gmail.com

Исследована модификация стоматологических пластмасс, полиметилметакрилата и метилметакрилата, в электронно-пучковой плазме и ВЧ-разряде разных газов. Гидрофильные свойства обработанных полимеров была охарактеризована с помощью измерения контактного угла смачивания по воде. Повышение гидрофильности полимеров наблюдалось после модификации в плазмообразующих средах кислорода и аммиака. Эффект зависел от длительности процесса обработки и сохранялся в течение нескольких дней после модификации.

Beam-plasma modification of dental plastics under low vacuum conditions. Aung Myat Hein, V.A. Miasnikov. Modification of dental plastics, poly(methyl methacrylate) and methyl methacrylate, in electron-beam plasma and RF-discharge using various plasma generating gases was studied. Hydrophilic properties of treated polymers were characterized by water contact angle. Increase of polymers hydrophilicity was observed due to plasma chemical modification in oxygen and ammonia media. This effect increased with the prolongation of treatment time and was stable for several days after modification.

На современном стоматологическом рынке присутствует широкий спектр полимерных материалов для изготовления разнообразных протетических конструкций, призванных восполнить утраченные анатомические образования и функции организма [1]. В настоящее время наиболее распространенными материалами являются традиционный полиметилметакрилат (ПММА), а также метилметакрилат (ММА), представляющий собой сложный метиловый эфир метакриловой и выпускаемый под торговой маркой «Акри-Фри». Это обусловлено легкостью обработки и низкой себестоимостью производства данных полимеров, их механической прочностью в сочетании с хорошей эластичностью [2, 3, 4]. Однако одной из основных проблем использования ПММА и ММА для производства стоматологических протезов является их достаточно высокая гидрофобность, что приводит к адсорбции на поверхности протетических конструкций белков и патогенных бактерий, и снижает биосовместимость с тканями организма человека [5, 6].

Одним из наиболее перспективных и современных методов модификации поверхности полимеров с целью повышения их гидрофильности и повышения биосовместимости является воздействие низкотемпературной плазмы низкого давления [7]. В настоящей работе рассматривается модификация ПММА и ММА в электронно-пучковой плазме (ЭПП), генерируемой путем инъекции высокоэнергетичного электронного пучка в плотные газообразные среды, и плазме ВЧ-разряда.

Экспериментальная установка и процедура обработки

Схема обработки ПММА и ММА в ЭПП показана на рис. 1. Сформированный в высоком вакууме ($\sim 10^{-5}$ Торр) ЭП инжестировался в заполненную плазмообразующей средой реакционную камеру (5) через газодинамическое выводное окно (4). В экспериментах в качестве плазмообразующего газа использовались кислород, аргон и аммиак при давлении 5 Торр. При инъекции ЭП (3) в реакционной камере формировалось облако ЭПП (8), в которое помещались подлежащие обработке образцы ПММА и ММА.

Равномерность обработки достигалась за счет электромагнитной развертки инжестированного ЭП в круглый растр с помощью электромагнитной системы (10). Температура образца измерялась оптическим пирометром OptrisLS (Optris GmbH, Германия), а также термосенсором (7), помещенным в реакционный объем. В экспериментах все образцы были обработаны при температурах, не превышающих 40 °С, что исключало их тепловую деструкцию.

Модификацию ПММА и ММА проводили также в плазме ВЧ-разряда, для генерации которого использовали ВЧ-генератор Genesis GHW-12 (MKS Instruments, Великобритания) с частотой 13,6 МГц, при мощности 15 Вт. В качестве плазмообразующей среды использовали химически чистые кислород, аргон и аммиак при давлении 0,5 Торр, время обработки (τ) составило 2 и 10 мин.

Биосовместимость обработанных полимеров была охарактеризована с помощью измерения контактного угла смачивания по воде, который измеряли методом падающей капли на оптическом приборе CAM101 (KSV Instruments LTD, Финляндия).

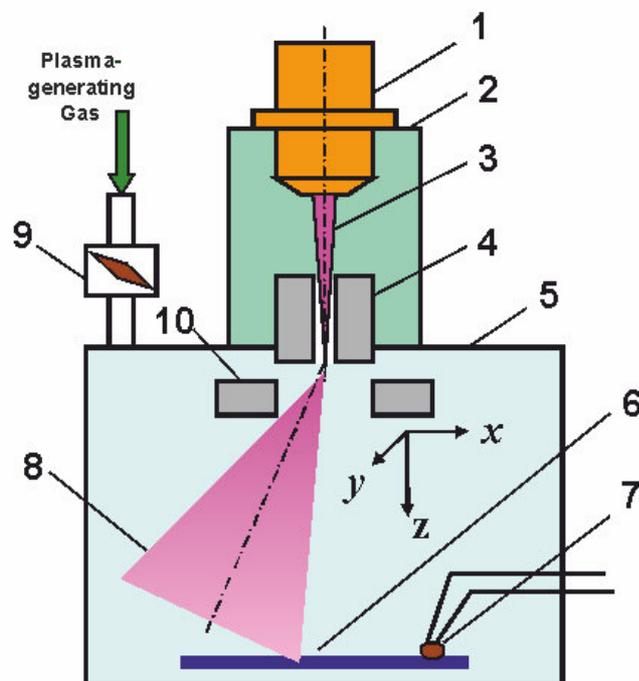


Рис. 1. Схема обработки полимеров в ЭПП:

1 – электронно-лучевая пушка; 2 – высоковакуумная камера; 3 – электронный пучок; 4 – выводное устройство; 5 – рабочая камера; 6 – синтетический полимер; 7 – датчик температуры; 8 – плазменное облако; 9 – регулируемый напекатель; 10 – отклоняющая система; стрелкой показана подача плазмообразующего газа

Результаты

Таблица 1. Контактный угол смачивания для воды ММА, обработанного в ЭПП в различных плазмообразующих сред в течение $\tau = 5$ мин

Условия обработки	Значение краевого угла, °		
	Через 1 день	Через 3 дней	Через 1 неделю
Время после обработки			
Контроль Необработанный образец	93,72±3,20	93,58±2,57	91,34±3,10
O ₂	56,7±0,06*	62,4±0,07*	70,99±2,90*
NH ₃	73,54±2,80*	76,12±5,50	81,84±8,80
Ar	65,00±0,30*	75,40±1,10	82,51±6,20

* - результат, достоверный по отношению к контролю

Данные представлены в виде среднее ± стандартное отклонение

В таблицах 1-3 приведены значения краевого угла смачивания и динамика изменений гидрофильных свойств поверхности полимеров, модифицированных в ЭПП и плазме ВЧ-разряда в различных плазмообразующих средах.

Краевой угол смачивания ПММА и ММА после обработки в ЭПП и плазме ВЧ-разряда понижался по сравнению с исходными образцами, что свидетельствует об улучшении гидрофильных свойств. При этом наиболее существенное улучшение гидрофильности образцов ПММА и ММА наблюдалось после модификации в плазмообразующей среде кислорода, и аммиака, что, по-видимому, связано, с формированием на их поверхности кислород и азотсодержащих полярных групп.

При модификации в плазме ВЧ-разряда повышение гидрофильности ПММА и ММА также зависело от длительности процесса обработки в ВЧ-разряде. Через 2 мин обработки в ВЧ-разряде аммиака краевой угол ПММА снижался с 76,00±3,23° до 49,00±0,08°, а при увеличении времени модификации до 10 мин – до 31,40±0,37° (Таблица 2). Такая же тенденция наблюдалась и в случае ММА (Таблица 3). Эффект сохранялся в течение по крайней мере одной недели после плазмохимической модификации в ВЧ-разряде кислорода и аммиака и трех дней после ЭПП-обработки в среде кислорода.

Таблица 2. Контактный угол смачивания для воды ПММА, обработанного в ВЧ-разряде в различных плазмообразующих сред в течение $\tau = 2$ и 10 мин.

Условия обработки	Значение краевого угла, °			
	Через 1 день		Через 1 неделю	
Время после обработки				
Длительность обработки	2 мин	10 мин	2 мин	10 мин
Контроль Необработанный образец	76,00±3,23	76,00±3,23	74,22±2,25	74,22±2,22
O ₂	43,55±0,40*	36,83±0,2*	45,63±4,50*	49,00±4,00*
NH ₃	49,00±0,08*	31,40±0,37*	70,40±0,01	48,00±0,01*
Ar	36,72±1,30*	38,6±2,90*	54,59±1,00*	66,26±1,00

* - результат, достоверный по отношению к контролю

Данные представлены в виде среднее ± стандартное отклонение

Таблица 3. Контактный угол смачивания для воды MMA, обработанного в ВЧ-разряде в различных плазмообразующих сред в течение $\tau = 2$ и 10 мин.

Условия обработки	Значение краевого угла, °			
	Через 1 день		Через 1 неделю	
Время после обработки				
Длительность обработки	2 мин	10 мин	2 мин	10 мин
Контроль Необработанный образец	93,72±3,20	93,72±3,20	91,34±3,10	91,34±3,10
O ₂	57,00±0,04*	63,72±0,07*	76,00±0,94*	70,00±0,20*
NH ₃	57,00±0,01*	26,80±0,20*	77,60±0,4*	62,90±0,82*
Ar	47,50±2,50*	45,30±3,30*	77,00±2,30*	81,00±0,90

* - результат, достоверный по отношению к контролю

Данные представлены в виде среднее ± стандартное отклонение

Результаты данной работы были успешно использованы при пучково-плазменной обработке протетических конструкций, которые были апробированы в стоматологической практике при курировании пациентов [8].

Работа поддержана грантом РФФИ 15-08-05724_а.

Литература

1. В.А. Клемин, А.А. Ворожко Современное состояние вопроса выбора материала для ортопедического лечения больных, нуждающихся в съемном протезировании // Дальневосточный медицинский журнал, 2015, 1, 41-46.
2. J.H. Park, S.H. Lee, K.H. Choi, H.S. Noh, J.W. Lee, S.J. Pearton Comparison of dry etching of PMMA and polycarbonate in diffusion pump-based O₂ capacitively coupled plasma and inductively coupled plasma // Thin Solid Films, 2010, 518, 6465-6468.
3. A. Bettencourt, A.J. Almeida Poly(methyl methacrylate) particulate carriers in drug delivery // J. Microencapsul., 2012, 29, 353-367.
4. A.M.S. Hamouda The influence of humidity on the deformation and fracture behavior of PMMA // J. Mater. Process. Technol., 2002, 124, 238-243.
5. A.S. Hoffman A general classification scheme for "hydrophilic" and "hydrophobic" biomaterial surfaces // J Biomed. Mater. Res., 1986, 20, ix-xi.
6. H.E. Kaufman, J. Katz, J. Valenti, J.W. Sheets, E.P. Goldberg Corneal endothelium damage with intraocular lenses: contact adhesion between surgical materials and tissue // Science, 1977, 198, 525-527.
7. В.В. Рыбкин Низкотемпературная плазма как инструмент модификации поверхности полимерных материалов // Соросовский образовательный журнал, 2000, 6, 58-63.
8. Е.О. Кудасова, В.А. Мясников, Т.М. Васильева, Е.О. Кочурова Модификация поверхности протетической конструкции плазмой тлеющего разряда кислорода // 59-я Всероссийская научная конференция МФТИ, 21-26 ноября 2016, Долгопрудный, www.conf59.mipt.ru/static/reports_pdf/1626.pdf