

основные направления в использовании рассмотренных технологических методов при изготовлении электретных материалов.

Литература

1. Коваленко М.А. Термостимулированные токи в полимерных пленках, обработанных лазерным излучением // Материалы VII Республиканской научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов «Актуальные вопросы физики и техники» (Гомель, 25 апреля 2018 года), в 3-х частях. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2018. – Ч. 1, с. 99-101.

2. Гольдаде, В.А. Влияние лазерного облучения на электретный заряд полиэтиленовых пленок / В.А. Гольдаде, М.А. Коваленко // Тезисы докладов междунар. научно-технической. конф. «ПОЛИКОМТРИБ-2019». – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2019. – С. 30.

Я. А. Ковалёва, Н. Н. Федосенко (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. **П. Н. Гракович**, канд. техн. наук;

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КРАТЕРА В УГЛЕНАПОЛНЕННОМ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНЕ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ

Введение

В современном мире полимерных материалов фторопласт, благодаря своим уникальным физико-механическим и химическим свойствам, является одним из лучших полимерных материалов для узлов трения, химической и пищевой промышленности, медицинского назначения [1, 2]. Так как чистый фторопласт изучен хорошо, в настоящее время наибольший интерес вызывает изучение композитов на его основе, например, политетрафторэтилена (ПТФЭ, фторопласт) с различными наполнителями [2, 3]. А современные методы изготовления и видоизменения первоначальной структуры фторопласта, например, метод лазерной абляции (ЛА) позволяют получать материалы с новыми свойствами [3, 4]. Исследования в этом направлении мало изучены в отечественной и зарубежной литературе, что говорит о востребованности как материала, так и исследований.

Цель работы - оценка зависимости температуры кратера образцов из ПТФЭ от процентного содержания углеродистых волокон (УВ).

Материалы и методы: в качестве объектов исследований использовали ПТФЭ, наполненный измельченными УВ на основе вискозы марки «УВИ-ПХО-12». Длина их варьируется в пределах 50...500 мкм, причем 50...60% составляют короткие УВ длиной 50...100 мкм. Диаметр волокна – 8...10,0 мкм. Образцы ПТФЭ, содержащие 1, 2, 3, 5, 7% УВ имели размер 15x15x3 мм.

Абляция образцов проводилась на вакуумной установке ВУП-4, с использованием CO₂-лазера ЛГН-703 с длиной волны 10,6 мкм и мощностью 35-45 Вт. Плотность мощности излучения – около 50 Вт/см². Время облучения – 15 секунд.

Эксперимент проводили по стандартной методике с непрерывной съемкой процесса на фотоаппарат. После проведения испытания видео эксперимента загружалось в программу VirtualDub. Видеоряд обрабатывался покадрово. Каждый кадр сохранялся как отдельный файл в формате *.tga (формат TARGA без сжатия исходных файлов). Затем выбирался один из самых ярких кадров с пятном от лазера и выполнялись преобразования с помощью конвертера цветов из системы RGB в систему XYZ Международной Комиссии по Освещенности (МКО) [5].

Результаты исследования:

Известно, что при воздействии излучения CO₂-лазера на «белый» ПТФЭ в вакууме происходит anomalно быстрое и избирательное разрушения полимера с образованием потока продуктов, состоящих из мономера (тетрафторэтилена) и тяжелой расплава полимера. При этом в зоне лазерной абляции при указанной мощности не наблюдается какого-либо свечения в зоне кратера. Измерение температуры разными методами дало значение близкое к 530⁰С.

Введение в ПТФЭ даже 1% УВ резко меняет характер образования ЛА. Практически полностью подавляется образование фторопластовых волокон, а на поверхности кратера формируется светящаяся зона, состоящая из УВ. Для оценки температуры раскалённых УВ были проанализированные полученные фотографии. В таблице 1 указаны полученные кадры и составляющие цвета параметры.

Использовался метод определения длины волны цвета по диаграмме цвета МКО, подробно описанной в [6]. Координата Y считается за яркость, поэтому остальные две координаты являются независимыми. По пересечениям проекций находится точка, лежащая внутри диаграммы. Данная точка соединяется с центром диаграммы, где расположен белый цвет. Данный отрезок продолжается до пересечения с

контуром диаграммы, это пересечение считается значением длины волны, данные представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Нумерация кадров и их цветовые составляющие

Образец с процентным содержанием углеродокон	Кадр	RGB-координаты	XYZ-координаты
1%	97	(223; 145; 141)	(0,45; 0,38; 0,30)
2%	79	(255; 145; 122)	(0,47; 0,38; 0,23)
3%	123	(199; 110; 102)	(0,52; 0,30; 0,16)
5%	100	(255; 167; 139)	(0,60; 0,34; 0,31)
7%	116	(253; 189; 127)	(0,63; 0,59; 0,28)

Таблица 2- Значения полученных длин волн

Образец с процентным содержанием углеродокон	Длина волны λ , нм
1%	594,75
2%	591,88
3%	609,89
5%	610,89
7%	573,20

Данные длины волн попадают в диапазон двух цветов: желтого (560-590 нм) и оранжевого (590-620 нм). Зная, что желтый и оранжевый цвета горения имеют свои небольшие диапазоны температуры, можно сделать вывод, что образец с 7% УВ имеет температурный диапазон 1050...1150°C, остальные образцы – 900...1050°C.

Исследование проведено без учета коэффициента отражения поверхности. В будущем можно измерить данный коэффициент и вычислить температуры поверхностей с более высокой точностью.

Выводы: проведена лазерная абляция композитов на основе ПТФЭ и расчетная оценка температуры поверхностей кратеров с применением метода оценки длины волны по цвету кадра. Показано, что образец ПТФЭ+7% УВ имеет температуру кратера в диапазоне 1050...1150°C, остальные образцы в диапазоне 900...1050°C.

Литература

1. Машков Ю.К., Овчар З.Н., Суриков В.И., Калистратова Л.Ф. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация. М.: Машиностроение - 2005

2. Маркова М.А., Готовцева М.Е. Исследование композитов на основе ПТФЭ и углеродных наполнителей // Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2017 (3), №1, 1-6

3. Толстопятов Е. М., Гракович П. Н., Рахманов С. К., Васильков А. Ю., Никитин Л. Н. Образование ультрадисперсных микроагрегатов при лазерной абляции полимеров // Перспективные материалы. – 2012, №1, 77-86

4. Diskinson J. T., Shin Jaw-Jung, Jiang W., Norton G. J. Neutral and ion emissions accompanying pulsed excimer laser irradiation of polytetrafluoroethylene // Appl. Phys. – 1993. – Vol.74, № 7, 4729

5. Конвертер цветов [Электронный ресурс] – Режим доступа: color-scheme.ru/color-converter.html, свободный

6. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing // second edition, New Jersey - 1992

А. А. Ковш (ГрГУ имени Я.Купалы, Гродно)
Науч. рук. **Е. В. Овчинников**, д-р. техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ

В настоящее время основными факторами, влияющими на выход деталей машин и механизмов из строя, являются процессы коррозии и трения. Для снижения воздействия данных факторов используют различные материалы и технологические приемы. Основным направлением в области инженерии поверхности для снижения износа и защиты от коррозии оказалось применение покрытий различного функционального назначения. Основными методами получения данных покрытий являются плазмохимические технологии, гальванические методы, нанесение покрытий из раствора, электроискровые технологии. Представляет интерес изучение физико-механические и эксплуатационные характеристики композиционных покрытий, которые получают путем формирования их в вакууме. Это объясняется тем, что свойства получаемого функционального покрытия должны существенно отличаться от свойств блочного материала, из которого формируют данный защитный слой. В итоге можно добиться получения покрытий с уникальными антифрикционными, антикоррозионными и другими эксплуатационными свойствам. Применение плазмохимиче-