

(табл. 1).

Таким образом, результаты исследования показали, что возможна модификация НПС окислением и нитрованием в мягких условиях. Установлено, что введение кислород-, азото-

держащих групп в состав НПС привело к улучшению показателей твердости, адгезии, прочности при ударе их покрытий. Полученные смолы рекомендованы в качестве компонентов лакокрасочных композиций.

Список литературы

1. Думский Ю.В. Нефтеполимерные смолы. – М: Химия, 1988. – 168с.

ЭКСТРУДИРУЕМЫЕ АНТИФРИКЦИОННЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОНА ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА

С.В. Панин^{1,2}, Д.А. Нгуен², Л.А. Корниенко¹, В.О. Алексенко^{1,2}, Д.Г. Буслович^{1,2}, Ю.В. Донцов²
 Научный руководитель – д.т.н., профессор С.В. Панин

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
 634055, г. Томск, пр. Академический 2/4

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, gau_hatan@tpu.ru

Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) является высокоэффективным термопластиком, обладающим высокой прочностью, химической и термической стойкостью, а также имеет высокий показатель текучести расплава, что благоприятствует его применению в аддитивных технологиях получения изделий сложной формы. Однако, являясь высокопрочным и термостойким в широком интервале температур, ПЭЭК обладает низкой износостойкостью. В последнее время активно разрабатываются композиты на основе полиэфирэфиркетона. Тип и размер наполнителей определяются областью применения и средой использования композиций. В научной литературе обсуждаются возможности повышения износостойкости ПЭЭК введением различных твердосмазочных наполнителей (политетрафторэтилена, графита, дисульфида молибдена и пр.) [1–3], а также нанопополнителей.

В настоящей работе исследованы механические и триботехнические характеристики композитов на основе ПЭЭК с политетрафторэтиленом (ПТФЭ) и короткими углеродными микрофибрами (КУВ) в условиях сухого трения скольжения. Проведен сравнительный анализ эффективности введения углеродных нанотрубок и нановолокон в формировании триботехнических характеристик полимерных композитов на основе ПЭЭК.

В работе использовали порошок ПЭЭК фирмы Victrex со средним размером частиц 50 мкм.

В качестве наполнителей использовали частицы ПТФЭ (14 мкм) и короткие углеродные микрофибры (длина 70 мкм, $\varnothing = 10$ мкм). Композиты на основе ПЭЭК получали методом горячего прессования при давлении 14 МПа и температуре 400 °С со скоростью последующего охлаждения 2 °С/мин.

Износостойкость образцов в режиме сухого трения определяли на машине трения СМТ-1 по схеме «вал-колодка» при нагрузке на образец, закрепленный в держателе, $P = 30$ Н и скорости скольжения $V = 0,3$ м/с (в соответствии с ASTM G77). Степень кристалличности оценивали на совмещенном анализаторе SDT Q600. ИК-спектры получали на спектрометре NIKOLET 5700. Структурные исследования проводили на растровом электронном микроскопе LEO EVO 50.

Показано, что введение в ПЭЭК микрочастиц ПТФЭ в количестве до 20 вес. % позволяет снизить объемный износ композита до 3-х раз. При этом увеличение износостойкости указанных нанокомпозитов в условиях сухого трения скольжения регистрировали при умеренной скорости скольжения ($V = 0,3$ м/с) и нагрузке $P = 30$ Н. Также показано, что износостойкость композитов на основе ПЭЭК возрастает при его наполнении короткими углеродными микрофибрами. При этом максимальная износостойкость (в 2,5 раза выше, чем для исходного ПЭЭК) наблюдается в композите «ПЭЭК+30

вес. % КУВ». Обсуждается эффективность использования твердосмазочных наполнителей при разработке экструдруемых композитов на основе высокопрочной матрицы ПЭЭК для аддитивных технологий.

Список литературы

1. Z.P. Lu, K. Friedrich // *On sliding friction and wear of PEEK and its composites, Wear, 1995.*– 181–183(2).– 624–631.
2. Jayashree Bijwe, Sukanta Sen, Anup Ghosh // *Influence of PTFE content in PEEK-PTFE blends on mechanical properties and tribo-performance in various wear modes, Wear, 2005.*– Vol.258.– Issue.10.– 1536–1542.
3. Géraldine Theiler, Thomas Gradt // *Friction and wear of PEEK composites in vacuum environment, Wear, 2010.*– Vol.269.– Issue.3–4.– 278–284.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 16-48-700192_p_a, а также гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации НШ-5875.2018.8.

ОКИСЛЕНИЕ АТАКТИЧЕСКОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА

А.С. Пименова, И.Н. Сбитнев, В.Е. Капрелев
 Научный руководитель – к.х.н., доцент ОХИ О.В. Ротарь

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Aleksandrapimenova2@gmail.com

Атактический полипропилен (АПП) является побочным продуктом (3–5%) при производстве товарного полипропилена. Одним из направлений синтеза полимеров с заданными свойствами является метод модификации известных полимеров. Следовательно, повысить физико-химические свойства атактического полипропилена, тем самым, превратив данный полимер из отходов в один из видов сырья, можно путем привитой полимеризации. Привитую полимеризацию мономеров неперделного типа можно осуществить за счет реакций передачи цепи, использования неустойчивых перекисных групп в предварительно окисленном полипропилене. В данной работе объектом исследования является отход производства - атактический полипропилен, физические характеристики которого отличаются от ИПП: плотность 850 кг/м³, температура размягчения 70–90Т°С, характеристическая вязкость 0,46 дл/г [1]. Химическая структура макромолекулы АПП, содержащая до 15% двойных связей, позволяет осуществлять как химическую, так и термомеханическую модификацию полимера [1].

Окисление ААП проводилась в растворе гептана при 90Т°С, окислителями, приведенными в табл. 1.

Окисленный АПП выделялся из реакционной массы, после чего определялись следующие характеристики: температуру размягчения, молекулярную массу и кислотное число (коэффициент

кислотности) – количество едкого калия (КОН) в мг, израсходованного на нейтрализацию кислых соединений, содержащихся в 1 г анализируемого продукта. Содержание в АПП свободных кислот определяли объёмным титрованием раствором едкого калия навески продукта, растворенного в толуоле.

Окисление полимеров может происходить по трем направлениям:

1. Без разрыва углеродной цепи, т.е. число атомов углерода остается без изменения.
2. Окисление проходит по двойным связям с образованием карбонильных и гидроксильных групп.
3. Возможно окисление по двойным и одинарным связям с разрывом углеродной цепи (связь С–Н) в АПП наиболее слабая.

Наиболее сильным окислителем АПП явля-

Таблица 1. Окисление АПП различными окислителями

Окислитель	Кислотное число, мг	T _{разм} , °С
KMnO ₄ (перманганат калия)	3,91	81
CH ₃ CO ₃ H (надуксусная кислота)	50,51	110
30% H ₂ O ₂ (перекись водорода)	2,77	105
O ₂ (кислород воздуха)	4,59	85