

1020±15 °С с окончательным распадом при 1160 °С. Распад алюмовольфраматов в значительной мере связан с испарением оксида вольфрама и, как следствие, нарушением стехиометрии соединений.

При температуре 1200 °С на дифрактограмме фиксировались рефлексы α-корунда и оксида вольфрама в различных модификациях.

Работа проводилась в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований Государственных академий наук на 2013-2020 годы (программа III.23.2.3) и в рамках проекта ВИУ НОИЦ НМНТ – 223/2018.

ПОЛУЧЕНИЕ РЕЦЕПТУРЫ КОМПОЗИЦИЙ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОНА (ПЭЭК)

С.В. ПАНИН^{1,2}, Д.А. НГУЕН², Л.А. КОРНИЕНКО¹, С.А. БОЧКАРЕВА¹

¹ ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

² ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: gau_haman@tpu.ru

Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), благодаря уникальному сочетанию различных физико-механических характеристик, является одним из перспективных конструкционных полимерных материалов. Этот полимер обладает рядом ценных эксплуатационных свойств, такими как: высокая прочность, высокая термическая и химическая стойкость, высокая биосовместимость и повышенная ударная вязкость. ПЭЭК отличается стойкостью к длительной эксплуатации при низкой и повышенной температуре (от -40 до 260 °С), сохраняя при этом отличные механические свойства. Кроме этого, ПЭЭК имеет высокий показатель расплава, что благоприятствует его переработке и применению в аддитивных технологиях получения изделий сложной формы. Выбором наполнителей можно целенаправленно изменять функциональные свойства и расширять область применения ПЭЭК. Для повышения механических свойств композитов на основе ПЭЭК часто используются армирующие волокна (углеродные и стеклянные) [1, 2]. При этом добавление твдосмазочных частиц позволяет повысить износостойкость полимерного композиция [3, 4]. В последнее время также активно разрабатываются нанокомпозиты на основе ПЭЭК [5].

Целью работы является создание композиций с заданными механическими и триботехническими свойствами на основе ПЭЭК экспериментально-теоретическим способом.

Для создания композиций с заданными свойствами сформулированы следующие требования к характеристикам композитов на основе ПЭЭК:

- твердость по Шору Д композитного материала – не менее 80;
- модуль упругости – не менее 4000 МПа;
- прочность при растяжении – не менее 100 МПа;
- величина удлинения до разрушения – не менее 3 %;
- коэффициент трения – не более 0,2;
- износ при испытании по схеме «шар-по-диск» – не более 0,1 мм³/час.

Были изготовлены 9 заготовок по одной для каждой из исследуемых рецептур, из которых далее вырезали образцы требуемой формы для определения механических и триботехнических свойств. В качестве материала матрицы использовали ПЭЭК (марка 450PF, фирма Vitrex, Великобритания). В качестве наполнителей вводили углеродные микроволокна (Ø=7-10мкм; $d \approx 200$ мкм) в количестве 5, 10 и 17 масс. %, а также политетрафторэтилена (ПН20, размер частиц 6-20 мкм) в количестве 5, 10 и 17 масс. %. Для подготовки образцов использованы высокоскоростной гомогенизатор, ультразвуковой диспергатор. Образцы изготавливали компрессионным спеканием при давлении 15 МПа и

температуре 400 °С. Механические характеристики определяли при разрывных испытаниях на электромеханической испытательной машине Instron 5582 при растяжении образцов в форме двойной лопатки (ASTM D638). Испытание образцов на изнашивание в режиме сухого трения проводили по схеме «шар-на-диске» при нагрузке $P=10$ Н и скорости скольжения $V=0.3$ м/с на трибометре CSEM CH-2000 в соответствии с ASTM G99. Диаметр шарика контртела составлял 6 мм. Дистанция испытаний равна 3 км, радиус траектории вращения – 10 мм.

Из экспериментальных данных композиций на основе ПЭЭК были построены поверхности соответствующие требованиям для каждой характеристики (твердость по Шору Д, предел прочности, модуль упругости, относительное удлинение, коэффициент трения, объемный износ). Чтобы найти управляющие параметры, придающие требуемые значения эффективным характеристикам (в виде заданных интервалов), нужно наложить полученные поверхности в виде изолиний друг на друга. Наложение поверхностей (в виде изолиний) друг на друга позволяет определить диапазон значений управляющих параметров, обеспечивающих одновременное получение всех заданных характеристик, которые и определяют рецептуру композиционного материала.

Полученная область значений управляющих параметров, представленная на рисунке 1 в виде закрашенной части, обеспечивает соответствие всех эффективных свойств композиции заданным ограничениям.

Предложенный и реализованный подход позволяет определять рецептуру многокомпонентных полимерных композиций с заданными свойствами на основе ограниченного количества экспериментальных данных.

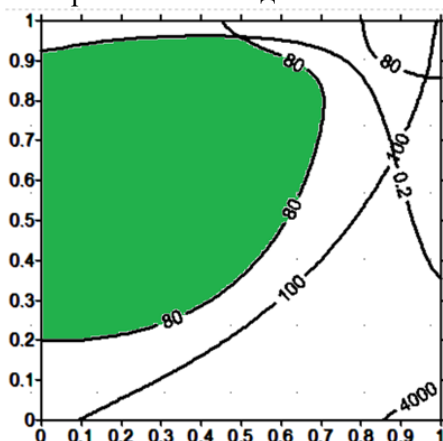


Рисунок 1 - Область значений управляющих параметров, обеспечивающих соответствие механических и триботехнических характеристик материала заданным ограничениям

Благодарности. Работа выполнена по плану фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 гг. и гранту президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации НШ-5875.2018.8. Авторы выражают благодарность РФФИ за финансирование в рамках проекта № 18-58-00037.

Список литературы

1. Z. Rasheva, G. Zang, Th. Burkhart, A correlation between the tribological and mechanical properties of SCF reinforced PEEK materials with different fiber orientation // Tribology International – 2010, Volume 43, Issue 8, p. 1430-1437.
2. M. Sumer, H. Unal, A. Mimaroglu, Evaluation of tribological behavior of PEEK and glass fiber reinforced PEEK composite under dry sliding and water lubricated conditions // Wear – 2008, Volume 265, Issues 7-8, p. 1061-1065.

3. 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, 258, 1536–1542.
4. M. Zalaznik, M. Kalin, S. Novak, G. Jakša. Effect of the type, size and concentration of solid lubricants on the tribological properties of the polymer PEEK // *Wear*, 2016, 364-365, 31–39.
5. Philipp Werner et al, Tribological behavior of carbon nanofiber reinforced PEEK // *Wear* – 2004, Volume 257, Issues 9-10, p. 1006-1014.

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ДВУХ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ СЛОЯ СКОЛЬЖЕНИЯ СФЕРИЧЕСКОЙ ОПОРНОЙ ЧАСТИ

Ю.О. НОСОВ^{1,а}, *А.А. АДАМОВ*^{2,б}, *А.А. КАМЕНСКИХ*^{1,в}

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет

²Институт механики сплошных сред УрО РАН

E-mail: ^аura.4132@yandex.ru, ^бadamov.aa@ya.ru, ^вanna_kamenskih@mail.ru

В настоящее время существует большой перечень материалов не только российского, но и зарубежного производства, используемых в качестве антифрикционных покрытий и прослоек в машиностроении, медицине, строительстве и других отраслях. В данной работе представлено сравнение деформационного поведения тонкого плоского слоя скольжения со сферическими лунками для смазки изготовленного из двух современных антифрикционных материалов: модифицированный фторопласт и антифрикционный композиционный материал на основе фторопласта со сферическими бронзовыми включениями и дисульфидом молибдена (МАК). В объеме материала вырезана ячейка периодичности с одной лункой для смазки [1], рассматривается четверть конструкции, действия отброшенных частей описывается условиями симметрии, рассматривается не благоприятный случай отсутствия смазки в лунке.

Для описания поведения антифрикционных материалов выбрана деформационная теория упругопластичности [2]. Ячейка периодичности деформируется жесткой стальной плитой постоянным давлением от 5 до 90 МПа, что соответствует реальным нагрузкам, действующим на сферические опорные части пролетных мостов. В зонах сопряжения ячейки периодичности со стальной плитой реализуется фрикционный контакт с учетом всех типов контактного состояния (проскальзывание, прилипание, отлипание).

В рамках исследования проведена серия численных экспериментов на ячейке периодичности из двух рассматриваемых материалов толщиной 4, 6 и 8 мм. Интерес представляет интегральная жесткость ячейки периодичности из антифрикционного материала. На рисунке 1 приведен пример распределения интегральной жесткости на ячейке периодичности толщиной 4 мм для трех вариантов давления 5, 30 и 90 МПа с учетом смазки по сопрягаемым поверхностям.

Стандартное значение интегральной жесткости приблизительно 864 и 860 МПа для модифицированного фторопласта и МАК соответственно. Установлено значительное снижение уровня интегральной жесткости у всех рассматриваемых материалов при деформировании ячейки периодичности. При этом интегральная жесткость модифицированного фторопласта снижается меньше, чем у МАК. Снижение максимального значения интегральной жесткости модифицированного фторопласта при давлении 90 МПа в 2,6, 1,5 и 1,02 раза при толщине прослойки 4, 6 и 8 мм соответственно. Снижение интегральной жесткости ячейки периодичности из МАК при давлении 90 МПа в 3,7, 2,8 и 1,47 раза при толщине прослойки 4, 6 и 8 мм соответственно. При контакте без