

Cu₁₇₉₁₆ происходит разрушения структуры довольно большой прослойки соединяющей две основные частицы кластера, что вызывает резкий скачок значений SA на 1-ой нс нагревания. Перестройка данной разупорядоченной области в дальнейшем на 2,2 нс и приводит к разъединению частицы на вторичные кластеры размером 5760 и 12156 атомов.

По результатам проведенного моделирования можно сделать вывод о том, что превышение 50% порога числа поверхностных атомов и атомов имеющих локальную разупорядоченную структуру может в процессе мгновенного нагревания, в виду стремительных происходящих кластерных перестроек, привести к разрыванию частицы на вторичные частицы. Таким образом, использование данных кластеров в высокотемпературных химических реакциях может быть сильно затруднено в виду быстрого разъединения используемых частиц, и, как следствие, резкого уменьшения каталитической эффективности используемого наноматериала.

Список литературы

1. M. N. A. Karlsson, K. Deppert, L. S. Karlsson, M. H. Magnusson, J. O. Malm, N. S. Srinivasan Compaction of agglomerates of aerosol nanoparticles: A compilation of experimental data // Journal of Nanoparticle Research 7 (2005). P. 43-49.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНО И МИКРОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВМПЭ-ПТФЭ

НГУЕН СУАН ТЬУК^{2,}, С.В. ПАНИН^{1,2}, Л.А. КОРНИЕНКО¹*

¹ Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

² НИ Томский политехнический университет

* email: nxthuc1986@gmail.com

RESEARCH PROPERTIES OF NANO AND MICROCOMPOSITES BASED ON UHMWPE-PTFE BLENDS

NGUYEN XUAN THUC^{2,}, PANIN S.V.^{1,2}, KORNIENKO L.A.¹*

¹ Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS

² National Research Tomsk Polytechnic University

* email: nxthuc1986@gmail.com

***Annatation.** In order to develop of anti-friction extruded composites based on ultrahigh molecular weight polyethylene (UHMWPE) mechanical and tribological characteristics of micro and nano-based polymer matrix UHMWPE - PTFE in dry friction was studied. It is shown that the wear rate of micro and nanocomposites based on matrix of UHMWPE + 10 wt.% PTFE in dry sliding friction is reduced by 10-30%. Thus the mechanical properties do not change significantly in the nanocomposites, and microcomposites reduced significantly.*

Введение. При создании твердосмазочных композитов в полимерную матрицу вводят дисперсные наполнители, например, графит и дисульфид молибдена, что расширяет возможности применения антифрикционных композитов в высоконагруженных узлах трения, когда жидкие либо пастообразные смазки не выдерживают условий эксплуатации [1-5]. В [6] показано, что политетрафторэтилен выполняет роль твердой смазки в процессе изнашивания композиций СВМПЭ-ПТФЭ при

сухом трении скольжения и в условиях смазочной среды, увеличивая износостойкость кратно. Наилучшие показатели износостойкости показывает композиция СВМПЭ+10вес.% ПТФЭ с мелким наполнителем Ф4 (в 5 раз).

В таблице 1 приведены трибомеханические характеристики чистого СВМПЭ, матрицы СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ и композитов на основе гибридной матрицы. Из таблицы видно, что твердость по Шору D нанокompозитов на основе смесей СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ незначительно уменьшается по сравнению с чистым СВМПЭ, твердость микрокомпозитов возрастает. Предел прочности и относительное удлинение при разрыве уменьшаются незначительно в нанокompозитах, в микрокомпозитах эти характеристики уменьшаются существенно при наполнении матрицы крупными частицами $AlO(OH)$ и Al_2O_3 . При наполнении гибридной матрицы плотность материала возрастает (слабо в нано, значительно в микрокомпозитах). Кристалличность нанокompозитов существенно не меняется по сравнению с матрицей и падает значительно в микрокомпозитах.

Анализ кинетических кривых изнашивания образцов СВМПЭ, гибридной матрицы СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ и композитов на ее основе (рис. 1.а) показал, что интенсивность изнашивания последних значительно меньше, чем таковая для чистого СВМПЭ и незначительно меньше в сравнении с гибридной матрицей. На рис. 1.б приведена диаграмма интенсивности установившегося изнашивания (I , $mm^2/мин$) указанных выше композитов с наполнителями различной дисперсности, из которого следует, что интенсивности изнашивания композитов на основе матрицы СВМПЭ-ПТФЭ слабо зависят как от содержания, так и от размеров частиц наполнителя (на 10-35% в зависимости от типа наполнителя). Нанонаполнители более эффективны (столбцы 3-5), микрочастицы $AlO(OH)$ лишь на 10% увеличивают износостойкость по сравнению с матрицей. Шероховатость поверхностей трения всех исследованных композитов аналогичным образом зависит от типа наполнителя (рис. 1.б).

Таблица 1. Механические свойства нано и микрокомпозитов на основе матрицы СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ

Содержание наполнителя, вес.%	Плотность, ρ , г/см ³	Твердость по Шору D	Предел прочности σ_B , МПа	Удлинение до разруш. ϵ , %	Кэф. трения f
					с/трение
СВМПЭ	0,92	59,5±0,6	32,3±0,9	485±23,6	0,120
СВМПЭ+10ПТФЭ	1,00	59,6±0,6	27,0±1,2	428±25,1	0,089
0,5 $AlO(OH)$ нано	1,00	58,3±0,5	29,7±1,2	439±23,5	0,099
0,5 SiO_2 нано	1,00	58,6±0,4	28,8±0,9	409±19,5	0,098
0,5 УНВ нано	1,00	58,5±0,6	28,2±1,2	400±22,1	0,096
20 Al_2O_3 микро	1,14	61,2±0,6	22,7±1,3	296±14,9	0,118
20 $AlO(OH)$ микро	1,16	60,5±0,7	24,2±1,3	333±20,1	0,101

Таким образом, несмотря на существенное снижение предела прочности в микрокомпозитах на гибридной матрице, последние показывают высокую износостойкость по сравнению с исходным СВМПЭ, сравнимую с нанокompозитами. Об этом свидетельствуют и коэффициенты трения всех исследованных композитов (табл.1).

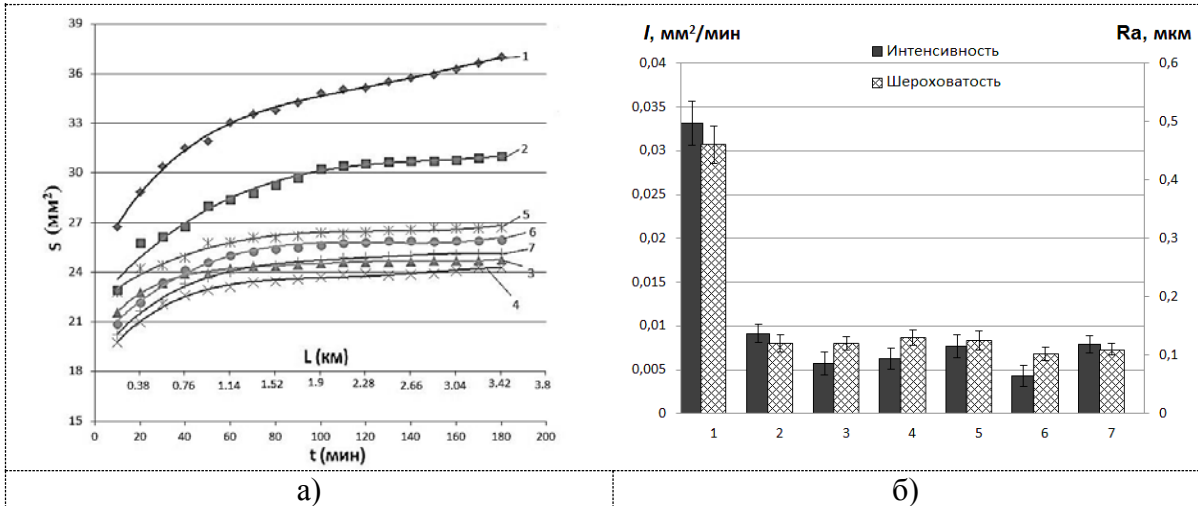


Рисунок 1 - Кинетические кривые (а), интенсивность изнашивания (I) и шероховатость поверхности дорожки трения (Ra) (б) СВМПЭ и композитов на основе СВМПЭ-ПТФЭ: чистый СВМПЭ (1), СВМПЭ+10вес.%ПТФЭ (2), СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ +0,5вес.% AlO(OH) (3), СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ +0,5вес.% SiO₂ (4), СВМПЭ+ 10 вес.% ПТФЭ+0,5вес.% УНВ (5), СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ+20 вес.% Al₂O₃ (6), СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ+20вес.% AlO(OH) (7)

Для выяснения взаимосвязи между характером износа при сухом трении скольжения, сформировавшейся структурой, размером и типом наполнителей в композициях на основе гибридной матрицы СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ на стадии установившегося изнашивания исследованы поверхности трения образцов, а также надмолекулярная структура композитов с различным размером частиц наполнителя (рис. 4).

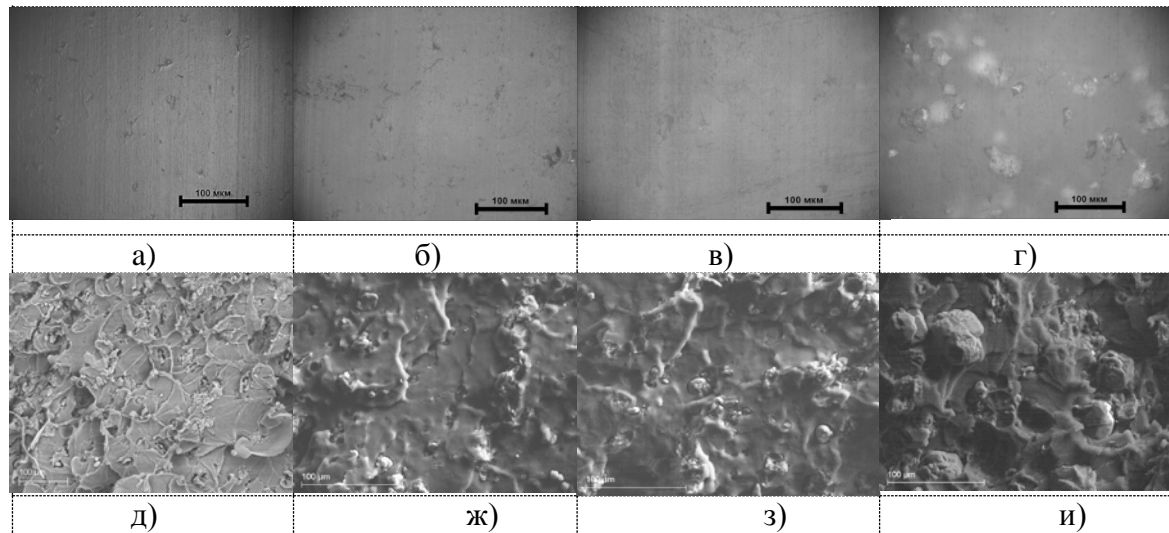


Рисунок 2 - Микрофотографии поверхностей износа и надмолекулярной структуры СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ (а,д), СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ+0,5вес.% AlO(OH) (б,ж), СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ+0,5вес.% УНВ (в,з), СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ +20вес.% Al₂O₃ (г,и)

Из рис. 2 следует, что наполнение гибридной матрицы наночастицами не приводит к изменению надмолекулярной структуры (б,в), тогда как микронаполнители подавляют формирование сферолитной структуры (d). С другой стороны, нанонаполнители не существенно меняют и коэффициент трения гибридной матрицы, а микронаполнители существенно повышают коэффициент трения матрицы (табл.1). В отличие от СВМПЭ матрицы роль нанонаполнителей как твердой смазки в гибридной матрице нивелируется пленкой переноса политетрафторэтилена на контртело, выступающей в качестве твердой смазки и определяющей триботехнические характеристики композиции [6]. Нанонаполнители значительно снижают изнашивание композиций по сравнению с гибридной матрицей, а следовательно играют существенную роль в качестве твердой смазки (рис.1,б, столбцы 5-7). Вклад микронаполнителей в износостойкость композитов на основе гибридной матрицы определяется размером частиц наполнителя (столбцы 3 и 4). Анализ поверхностей изнашивания композитов на основе гибридной матрицы с крупным фторопластом показывает, что микроборозды, формировавшиеся на поверхности трения матрицы, практически не наблюдаются в композитах на основе СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ, что коррелирует с данными по интенсивности изнашивания (рис. 5).

Заключение

Политетрафторэтилен выполняет роль твердой смазки в процессе изнашивания в равной степени как в гибридной матрице СВМПЭ+ 10 вес.% ПТФЭ, так и в композитах на ее основе в условиях сухого трения скольжения и смазочной среды.

Эффективность использования гибридной матрицы СВМПЭ+10вес.% ПТФЭ для разработки твердосмазочных экструдированных и износостойких композитов на высокомолекулярной матрице определяется условиями эксплуатации разрабатываемых композитов (медицина, высокие нагрузки, агрессивные среды).

Список литературы

1. Myshkin N.K., Petrokovets M.I., Kovalev A.V. Tribology of polymers: Adhesion, friction, wear and mass-transfer // *Tribology International*. – 2005. – Vol. 38. – P. 910-921.
2. Гоголева О.В., Охлопкова А.А., Петрова П.Н. Износостойкие композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена для эксплуатации в экстремальных условиях // *Материаловедение*. – 2011. – № 9. – С.10–13.
3. А.П. Краснов, О.В. Виноградова, В.Б. Баженова, И.А. Грибова, Т.А. Гуляева, В.И. Неделькин. Трибохимические процессы в полифениленсульфиде, наполненном дисульфидом молибдена и графитом// *Трение и износ*, 1996, Т. 17, № 4, с. 544-549.
4. Galetz M.C., Blar T., Ruckdaschel H., Sandler K.W., Alstadt V. Carbon Nanofibre-Reinforced Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene for Tribological Applications // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2007. – Vol. 104. – P. 4173-4181.
5. Sergey V. Panin, Lyudmila A. Kornienko, Nguyen Xuan Thuc, Larisa R. Ivanova, Sergey V. Shilko. Role of Micro- and Nanofillers in Abrasive Wear of Composites Based on Ultra-High Molecular Weight Polyethylene. *Advanced Materials Research* Vol. 1040 (2014). Pp. 148-154. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1040.148.

6. С.В. Панин, Л.А. Корниенко, Т. Нгуен Суан, Л.Р. Иванова, М.А. Корчагин, С.В. Шилько, Ю.М. Плескачевский. Износостойкость композитов на основе полимер-полимерной матрицы СВМПЭ-ПТФЭ. Часть 1. Механические и триботехнические свойства полимер-полимерных композиций СВМПЭ-ПТФЭ // Трение и износ, 2015 (36), № 3, с. 325-333

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТИТАНА НА ЕГО УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И МЕХАНИЗМЫ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ

М.Ю. ГРОШЕВА¹, Т.Ф. ЕЛСУКОВА², Ю.Ф. ПОПКОВА²,

¹Томский политехнический университет,

² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: vip.january@mail.ru

EFFECT OF STATES IN NEAR-SURFACE LAYERS OF TITANIUM ON ITS FATIGUE LIFE AND FATIGUE FRACTURE MECHANISMS

M. YU. GROSHEVA, T. F. ELSUKOVA, YU. F. POPKOVA

¹National Research Tomsk Polytechnic University,

² Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS

E-mail: vip.january@mail.ru

Annatation. Changes of structural states in near-surface layers of titanium strongly affect its fatigue life and fatigue fracture mechanisms. In titanium subjected to alternate bending a sliding mode crack develops, result in gin slight delamination of the material. Hydrogenation of titanium surface layers preserves their sliding mode cracking but greatly enhances their delamination. The fatigue life of the material after surface hydrogenation decreases three times, and after surface nanostructuring, it increases four times.

1. Введение

В настоящее время одна из главных задач материаловедения – изучение усталостного разрушения, в связи с тем, что от сопротивления усталости зависит рабочий потенциал изделий и конструкций в машиностроении. Поэтому проблема усталостного разрушения является весьма актуальной.

В перспективном подходе физической мезомеханики в деформируемом твердом теле необходимо рассматривать две самостоятельные подсистемы: 3D-кристаллическую и 2D-планарную [1]. Причем ведущую функциональную роль в пластической деформации играет планарная подсистема, т.к. с ней связаны первичные пластические сдвиги и генерация всех деформационных дефектов. Поэтому для решения проблемы усталостной долговечности твердых тел необходимо анализировать процессы, происходящие в их планарной подсистеме.

В этой связи настоящая работа посвящена исследованию влияния состояния поверхностного слоя титана на его циклическую долговечность при знакопеременном изгибе.

2. Материалы и методы исследования

В качестве материала исследования использовали технический титан марки ВТ1-0 с разным состоянием поверхностного слоя: исходный, наводороженный и об-