

3. Akbari N., Biria D. Investigation of the activity of *Acinetobacter calcoaceticus* biodemulsifier to break stable water in oil emulsions // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2018. – Vol. 6. – P. 4144–4150.
4. Zolfaghari R., Fakhru'l-Razi A., Abdullah L.C., Elnashaie S.S.E.H., Pendashteh A. Demulsification techniques of water-in-oil and oil-in-water emulsions in petroleum industry // *Separation and Purification Technology*. – 2016. – Vol. 170. – P. 377–408.
5. Alammam A., Park, S.H., Williams C.J., Derby, B., Szekely G. Oil-in-water separation with graphene-based nanocomposite membranes for produced water treatment // *Journal of Membrane Science*. – 2020. – Vol. 603 [118007]. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/339792180_Oil-in-wwater_separation_with_graphenebased_nanocomposite_membranes_for_produced_water_treatment (дата обращения: 12.05.25).

Шэнь Юань¹ (Китай), Буслович Д.Г.² (Россия)

¹*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

²*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск*

Научный руководитель: Панин Сергей Викторович^{1,2}, д.т.н., профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПФА-КОМПОЗИТОВ ПРИ ЛИНЕЙНОМ ТРИБОКОНТАКТЕ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ТРЕНИЯ И СМАЗКИ

Аннотация: Исследован синергетический эффект углеродных волокон и твердосмазочных наполнителей в условиях линейного трибоконтакта ПФА-компози́тов при сухом трении и масляной смазке. Показано, что в условиях масляной смазки наилучшими трибологическими свойствами обладает композит ПФА/30УВ/5ПТФЭ.

Ключевые слова: полифталамид, углеродное волокно, политетрафторэтилен, трибологические свойства, масляная смазка.

Введение

ПФА – это новый тип термостойкого полиамида (ПА), который относится к классу ароматических ПА, получаемых из терефталевой или изофталевой кислоты [1]. По сравнению с ПА, ПФА обладает лучшей термостойкостью с температурой плавления 280 °С благодаря добавлению ароматических колец в молекулярную цепь ПФА. В то же время ПФА сохраняет высокий показатель текучести расплава и хорошую технологичность расплава нейлоновых материа-

лов, что дает возможность комбинировать ПФА с высоким содержанием наполнителя для получения композитов.

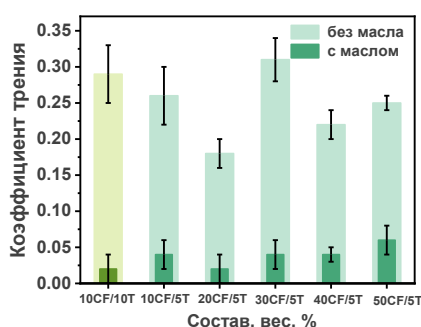
Известно, что для улучшения трибологических свойств композитов в полимеры вводятся комбинации волокон и твердосмазочных материалов [2]. В этом случае волокна улучшают механические свойства композитов, а твердые смазочные материалы (например, политетрафторэтилен (ПТФЭ)) могут улучшать трибологические свойства композитов за счет образования пленки переноса на контртеле. Синергетический эффект наполнителей (углеродное волокно и ПТФЭ) в улучшении трибологических свойств в условиях сухого трения был продемонстрирован во многих типах полимерных матричных композитов, включая ПА [3]. Однако их повышенный эффект в композитах на основе ПФА, особенно в условиях масляной смазки, не был исследован.

Целью данной работы является сравнение трибологических характеристик композитов ПФА с различным содержанием ПТФЭ и УВ при линейном трибоконтакте в условиях сухого трения и масляной смазки.

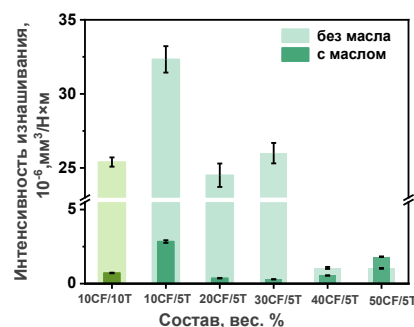
Основная часть

На рисунке 1 показаны трибологические свойства композитов ПФА с различным содержанием УВ и ПТФЭ при линейном трибоконтакте в условиях сухого трения и масляной смазки. Видно, что в условиях сухого трения при увеличении содержания УВ до 40 вес. %, интенсивность изнашивания композитов значительно снижается до $1,06 \cdot 10^{-6}$ мм³/Н*м, но при этом коэффициент трения возрастает и составляет 0,22. Значительное снижение интенсивности износа может быть связано с эффектом дисперсного упрочнения, образованного разрушенными волокнами на поверхности дорожки трения (рис. 2а).

При увеличении содержания ПТФЭ в композите ПФА/10УВ до 10 вес. % коэффициент трения композита увеличился с 0,26 до 0,29, но интенсивность износа снизилась с $32,33 \cdot 10^{-6}$ до $25,4 \cdot 10^{-6}$ мм³/Н*м. Это не согласуется с данными по ПТФЭ, приводящими к снижению коэффициента трения в других исследованиях [3].



(а)



(б)

Рис. 1. Коэффициент трения (а) и интенсивность изнашивания (б) композитов с различным содержанием УВ и ПТФЭ при нагрузке 60Н и скорости скольжения 0,3 м/с

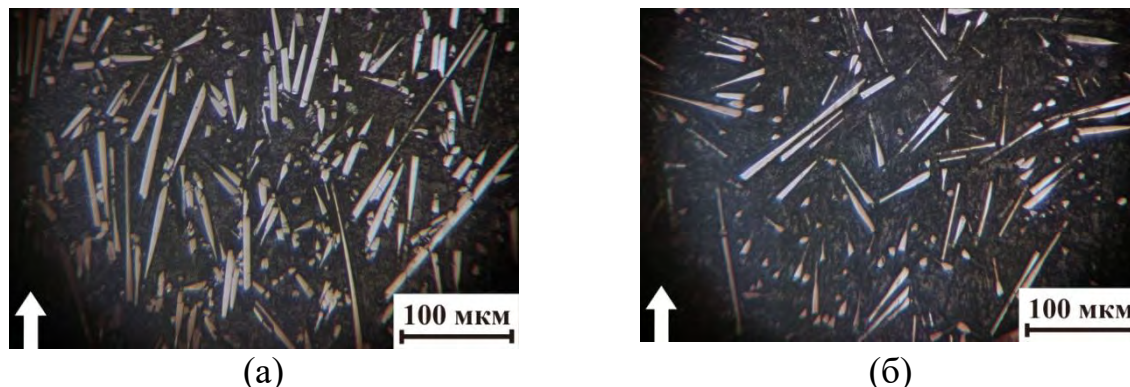


Рис. 2. Оптические фотографии дорожки трения композитов ПФА/40УВ/5ПТФЭ в условиях (а) сухого трения и (б) масляной смазки

Видно, что в условиях масляной смазки трибологические свойства композитов значительно улучшаются по сравнению с условиями сухого трения. При этом все коэффициенты трения композитов оказались на уровне 0,05. Стоит отметить, что при увеличении содержания УВ в композитах от 10 до 30 вес. % интенсивность изнашивания композитов снизилась с $2,84 \cdot 10^{-6}$ до $0,29 \cdot 10^{-6}$ мм³/Н*м; а при дальнейшем увеличении содержания УВ до 50 вес. % увеличилась до $1,82 \cdot 10^{-6}$ мм³/Н*м. Это может быть связано с тем, что в условиях масляной смазки разрушенные волокна на поверхности композитов с более высоким содержанием углеродных волокон не могут прилипать к поверхности дорожки трения, как при сухом трении. Это препятствует образованию фрикционного слоя с эффектом дисперсного упрочнения.

Заключение

В данной работе проведено сравнение трибологических свойств композитов на основе ПФА с различным содержанием УВ и ПТФЭ при линейном трибоконтакте в условиях сухого трения и масляной смазки. Показано, что в условиях сухого трения, когда содержание волокон достигает 40 %, на поверхности композита образуется слой дисперсно упрочненный. В отличие от этого, в условиях масляной смазки такой слой не образуется. Композит ПФА/30УВ/5ПТФЭ обладает наилучшими трибологическими свойствами в условиях масляной смазки.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема FWRW-2022-0002.

Список литературы

1. Gonzalez de Gortari, M., et al. Polyphthalamide polymers: A review on synthesis, properties, and advance manufacturing and emerging applications // Journal of Applied Polymer Science. – 2022. – № 139(40). – P. 52965.
2. Wang, Qiufeng, et al. Combined effect of fibers and PTFE nanoparticles on improving the fretting wear resistance of UHMWPE-matrix composites // Polymers for Advanced Technologies. – 2016. – № 27(5). – P. 642–650.
3. Li, Du-Xin, et al. Tribological properties of solid lubricants filled glass fiber reinforced polyamide 6 composites // Materials & Design (1980–2015). – 2013. – № 46. – P. 809–815.

Ян И (Китай), Станько А.Ю. (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Станько Анна Юрьевна, к. т. н., доцент

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ В РАСТВОРАХ КРАСИТЕЛЕЙ

Аннотация: Исследование посвящено изучению адсорбционных свойств наночастиц SiO_2 в растворах различных красителей. Установлено, что наночастицы SiO_2 наиболее эффективно адсорбируют катионные красители, такие как метиленовый голубой и бриллиантовый зеленый, достигая через 60 минут 33 % и 21 % адсорбции соответственно. Результаты подчеркивают влияние типа красителя на адсорбционную способность наночастиц.

Ключевые слова: наночастицы SiO_2 , красители, адсорбция, центрифугирование, спектрофотометрия.

Введение

Ежегодно в мире производится более 700 000 тонн красителей для разных отраслей промышленности [1], которые со сточными водами попадают в гидросферу. Красители снижают качество воды, препятствуют проникновению света, обладают высокой токсичностью, что представляет угрозу для здоровья человека и экосистемы в целом [2], поэтому удаление красителей из сточных вод является важной междисциплинарной задачей.

Среди разных методов (химическое окисление, коагуляция, фотокаталитическое разложение и мембранные технологии) адсорбция выделяется как один из наиболее перспективных подходов [3]. Наночастицы рассматриваются как эффективные сорбенты для удаления красителей, как показано на примере наночастиц ZnO [1], CuO [4], Fe_2O_3 [5] и Al_2O_3 [6].