

А.Н. КАРАПЕТЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛЕНОК ПРИ ТРЕНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ САМОСМАЗЫВАЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОЦЕПНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Исследованы поверхностные пленки, образующиеся на сопрягаемом контртеле при трении композиционных самосмазывающихся материалов на основе гетероцепных полимеров, наполненных обычными и модифицированными армянскими минеральными наполнителями, такими как травертин, мрамор, бентонит и туф. Показано, что адгезионная прочность пленок, образованных при установившемся режиме трения модифицированных фторалканом композиций, в 1,2...1,5 раза больше, чем у исходных материалов.

Ключевые слова: полимер, минеральный наполнитель, фрикционный перенос, толщина пленки, адгезионная прочность.

Известно, что при трении антифрикционных самосмазывающихся полимерных материалов процессы трения и изнашивания определяются преимущественно явлением фрикционного переноса (ФП), что является важным аспектом адгезионного механизма изнашивания полимеров и играет существенную роль в механизме самосмазывания при их трении. В процессе формирования пленки ФП на контактирующих поверхностях происходят различные физико-химические превращения как полимерного связующего, так и наполнителей, приводящие к изменениям их структуры и свойств, что оказывает значительное влияние на триботехнические и эксплуатационные свойства материалов [1-5].

В настоящее время целевым направлением развития трибоматериаловедения [6] является создание на поверхности металлического контртела прочных и монотонных пленок ФП с заданными свойствами при соответствующих эксплуатационных режимах и условиях с целью обеспечения процесса самосмазывания, поскольку работоспособность и долговечность узла трения машин и механизмов в целом определяются долговечностью самих пленок переноса. С точки зрения повышения работоспособности пленок ФП, весьма перспективным является метод применения наполнителей для увеличения адгезии между полимерной пленкой переноса и поверхностью контртела. Установление закономерностей механизма образования слоев ФП и разработка на этой основе методов управления структурой и свойствами ФП является эффективным направлением повышения эксплуатационных параметров в современной триботехнике.

Целью данной работы является исследование влияния природы и количества армянских минеральных наполнителей на процесс формирования пленок ФП (ее структуру, состав, толщину и адгезионную способность к металлам) в условиях трения без смазки с учетом эффективности химической модификации минеральных наполнителей с органическими смазочными материалами.

Для исследования в качестве связующих использовались гетероцепные полимерные материалы различного химического строения, широко применяемые в машиностроении и приборостроении: сополимер формальдегида с диоксоланом (СФД), полиамиды 6 и 66 (ПА6, ПА66) и полифениленоксид (ПФО), а в качестве наполнителей - армянские минералы, такие как травертин, мрамор, бентонит и туф, а также эти же наполнители, предварительно термообработанные и модифицированные фторсодержащими олигомерами – фторалканами (ФА). Термообработка проводилась при температуре 450...500°C от 8 до 10 ч. Используемые фторалканы являются отходами при синтезе политетрафторэтилена общей формулы $H(CF_2)_nCl$, где $n=7...14$, обладающими низкими антифрикционными свойствами, низким показателем вязкости расплава в сочетании с высокой термостабильностью и технологичностью.

Трибологические испытания проводились на машине торцевого трения И-47 при скорости скольжения 1,5 м/с, нагрузке 0,1 МПа, коэффициенте взаимного перекрытия, равном 1. Полимерными образцами служила втулка $\varnothing 22 \times 8$ мм, а контртелами - втулка $\varnothing 22 \times 4$ мм, изготовленная из стали 1Х13 с твердостью HB=150...170 и шероховатостью $Ra=1,25$ мкм.

Процесс формирования и анализ пленок ФП, образующихся на стальном контртеле, а также его структура и фазовый состав изучались методами электронной микроскопии (микроскоп Тесла-513), рентгеноспектрального флюоресцентного анализа (РСФА, VRA-2), позволяющего оценить перенос отдельных компонентов с антифрикционного материала на контртело не только качественно, но и количественно, без разрушения образца.

Были исследованы исходное контртело, не участвующее в трении, и контртела с образовавшимися на них поверхностными пленками. В процессе трения были рассмотрены два этапа формирования пленки: начальный период трения (10 мин) и период установившегося трения (6 ч).

Анализ результатов РСФА показал (см. табл.), что в процессе трения уже в течение первых 10 мин при различных температурах осуществляется перенос с композиции на контртело основных элементов минеральных наполнителей: Ca, Si, Fe и Al, интенсивность которых повышается с увеличением количества наполнителя в композиции. Интенсивность перенесенных на контртело элементов после первых 10 мин трения для композиций с обычными минералами в 1,5...2,0 раза больше, чем для композиций, модифицированных ФА, что приводит к образованию сравнительно толстой пленки ФП с большей адгезионной прочностью по сравнению с исходными связующими. После 6 - часового трения пленка в связи с малой адгезионной прочностью теряет несущую способность, разрушается и выносится из зоны трения в виде продуктов износа с поверхности контртела. Введение ФА в состав композиции, как было установлено [7-9], приводит к формированию наполненной системы с частично сшитой структурой исследуемых полимеров и большой прочностью связи полимер-наполнитель.

Таблица

Влияние состава композиции и условий трения на толщину и адгезионную прочность пленок ФП с оптимальным количеством минеральных наполнителей

Состав композиции	Условия трения		Толщина пленки ФП, мкм	Интенсивность концентраций компонента CaK_{α} , имп/с	Адгезионная прочность пленки ФП 10^{-3} , Дж/м ²
	время, мин	температура на фрикционном контакте, °С			
СФД	10 360	30 100	0,45 2,8	- -	21 72,4
СФД травертин	10 360	80 120	0,94 -	1,4 0,7	30 -
СФД травертин ФА	10 360	35 55	0,64 3,8	0,9 7,2	38 101,3
ПА6	10 360	40 100	0,40 2,6	- -	18 62,8
ПА6 травертин	10 360	90 130	0,78 -	1,1 0,6	30 -
ПА 6 травертин ФА	10 360	50 70	0,52 3,2	0,58 5,4	34,3 92,4
ПА66	10 360	50 110	0,38 2,4	- -	26 69,6
ПА 66 травертин	10 360	100 140	0,68 -	0,85 0,47	38 -
ПА 66 травертин ФА	10 360	55 80	0,45 3,0	0,48 3,79	40,8 85,5
ПФО	10 360	50 120	0,65 3,0	- -	15,8 57
ПФО травертин	10 360	90 130	0,92 -	1,2 0,65	26 -
ПФО травертин ФА	10 360	50 70	0,55 3,5	0,63 6,5	35,7 78,6

Результаты РСФА для установившегося режима трения свидетельствуют о том, что при трении композиций, модифицированных ФА, резко (в 5...20 раз) повышается интенсивность элементов Ca, Si, Fe и Al на стальном контртеле по сравнению с начальным периодом трения, т.е. способствует значительному переносу искоемых элементов из модифицированных композиций на поверхность контртела. Обогащение поверхностной пленки Ca, Si, Fe и Al приводит к увеличению поверхностной плотности, следовательно, толщины перенесенного слоя, адгезионная прочность которого после 6-ти часов работы в 1,2...1,5 раза больше, чем у исходных материалов. Обращает на себя внимание то, что перенос основных элементов Ca, Si, Fe и Al с композиций, модифицированных ФА, происходит пропорционально, а с композиций, немодифицированных ФА, непропорционально.

На рис.1 показаны микрофотографии поверхностных пленок наполненного СФД, образованных на контртелах после 10 мин и 6 ч трения. Как видно из рис.1а, после 10 мин трения пленка, образованная композицией обычными минеральными наполнителями, имеет грубую и неравномерную поверхность, а после 6 - часовой

работы пары трения она исчезает с поверхности контртела (рис.1в). Это объясняется повышенной истирающей способностью частиц немодифицированного минерального наполнителя при трении с металлической поверхностью. Пленка ФП, образованная при трении композиций, модифицированных ФА, после 10 *мин* трения имеет сравнительно гладкую поверхность (рис.1б), а после 6 - часовой работы становится более гладкой, монолитной и когерентной (рис.1г). Это говорит о хорошей смазывающей и адгезионной способности ФА, введение которого в композицию активизирует процессы формирования пленок.

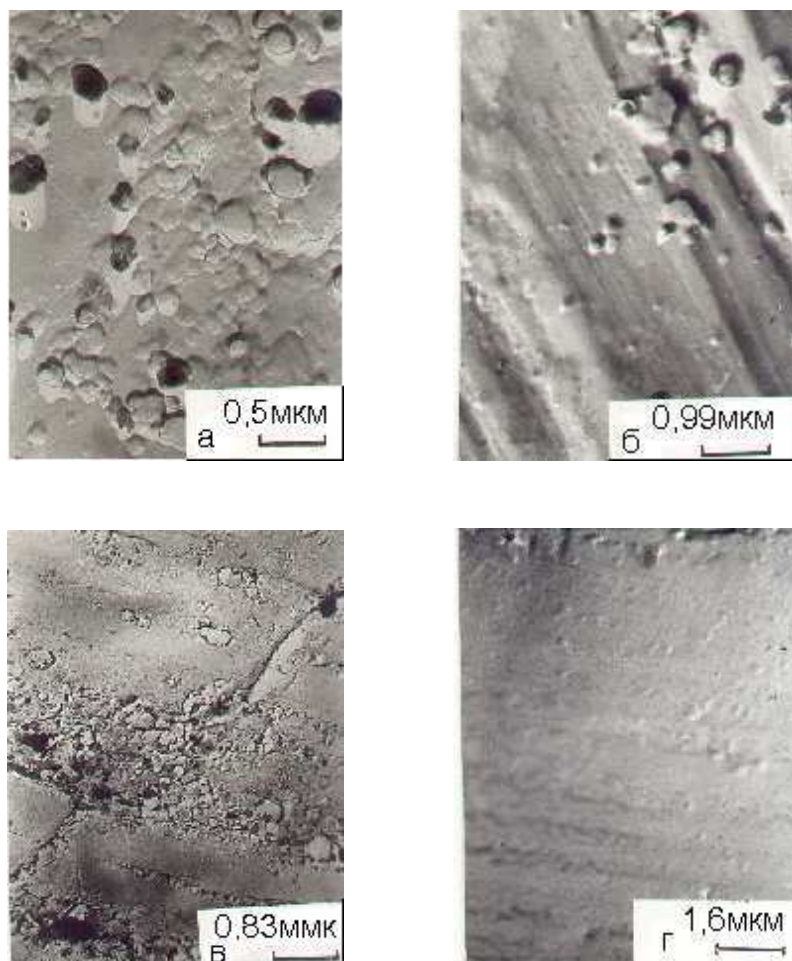


Рис.1. Микрофотографии пленок фрикционного переноса с композиций СФД + 40вес.% травертина (а, в) и СФД + 40вес.% модифицированного травертина (б, г), после 10 *мин* (а, б) и 6 ч трения (в, г)

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что разработанные на основе гетероцепных полимеров композиции, в которых в качестве наполнителей использованы модифицированные ФА минеральные наполнители, обладают повышенными смазывающими и адгезионными свойствами, что главным образом определяет трибологические характеристики материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белый В.А., Свириденко А.И.** и др. Трение и износ материалов на основе полимеров.- Минск: Наука и техника, 1976. – 431 с.
2. **Погосян А.К.** Трение и износ наполненных полимерных материалов.- М.: Наука, 1977.-138 с.
3. **Погосян А.К., Оганесян К.В., Карапетян А.Н.** и др. Антифрикционные композиционные полимерные материалы на основе СФД // Трение и износ.-1998.-Т.5, N 1.- С. 34-45.
4. **Холодилов О.В.** Морфология продуктов фрикционного переноса полимеров // Трение и износ.-1981.-Т.2, N 3.-С. 433-4490.
5. **Karapetyan A., Hovhannisyan K., Gevorgyan G.** Studu of Metal/Polymer Tribococontacts Longevity Based on Frictional Transfer Phenomenon // Proc. of the 47 Inter. Scientific Kolloquium. "Mechanical Engineering and Nanotechnology - The High Technologies of the 21st Century". Ilmenau.- 2002. - P. 67-68.
6. **Погосян А.К., Оганесян К.В.** Явление фрикционного переноса: основные закономерности и методы исследования // Трение и износ.- 1987. – Т.7, N6.- С. 998-1007.
7. **Карапетян А.Н.** Трибохимические процессы и антифрикционные свойства композиционных полимерных материалов: Тематический сб. науч. трудов / ГИУА. - Ереван. 2002. - Т.1. - С.199-200.
8. **Карапетян А.Н.** Трибологические свойства самосмазывающихся композитов на основе гетероцепных полимеров // Изв. НАН РА и ГИУА.- Ереван.- Сер. ТН. - 2003. - Т. 57. N1. - С. 58-62.
9. **Pogosian A.K., Karapetyan A.N., Hovhannisyan K.V.** Study of Physico-Chemical Modification Process of Heterochained Polymers by the Fillers Minerals // Tribologia. -2004. - N1. (193).- P. 63-73.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 30.11.2002.

Ա.Ն. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՀԵՏԵՐՈՑԻՎԼԻԿ ՊՈԼԻՄԵՐՆԵՐԻ ՀԻՄՔՈՎ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ԻՆՔՆԱՅՈՒՂՎՈՂ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՇՓՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Բերված են նախապես ձևափոխված հայկական հանքանյութերով (տրավերտին, մարմար, բենտոնիտ, տուֆ) լցվողոված հետերոցիկլիկ պոլիմերների հիմքով կոմպոզիտների շփման ժամանակ մետաղական հակամարմնի վրա առաջացած մակերևութային թաղանթների հետազոտության արդյունքները: Ցույց է տրված, որ ձևափոխված կոմպոզիտների շփման թաղանթների ադհեզային ամրությունը 1,2...1,5 անգամ գերազանցում է կապակցող նյութերի ամրությանը:

A.N. KARAPETYAN

STUDY OF SURFACE FILMS AT FRICTION OF COMPOSITE SELF- LUBRICATED MATERIALS BASED ON HETEROCHAIN POLYMERS

The surface films formed on ganged counterface at friction of composite self-lubricated materials based on heterochain polymers filled with the ordinary and modified Armenian mineral fillers such as travertine, marble, bentonite, tuff are investigated. It is shown that the adhesion strength of the films formed at the established regime of friction modified with ftoralcan composites is 1,2...1,5 times more than for initial materials.