

А.Н. КАРАПЕТЯН

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САМОСМАЗЫВАЮЩИХСЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОЦЕПНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Приведены результаты исследования трибологических свойств композиций на основе гетероцепных полимеров, наполненных предварительно модифицированными армянскими минеральными наполнителями, такими как травертин, мрамор, бентонит и туф. Показано, что при введении модифицированных минеральных наполнителей в полиамиды 6 и 66, а также полифениленоксид (ПФО) значительно повышается их износостойкость (в 2,3... 2,7 раза) и снижается коэффициент трения (в 1,3... 1,7 раза).

Ключевые слова: полимер, минеральный наполнитель, композит, коэффициент трения, износостойкость, фрикционный перенос.

Разработка и практическое применение новых композиционных самосмазывающихся материалов на основе многотоннажно выпускаемых гетероцепных полимеров приобретает все более актуальное значение для повышения качества, надежности и долговечности машин и механизмов. В связи с этим в качестве связующих использовались: полиамиды 6 и 66 (ПА-6, ПА-66) и полифениленоксид (ПФО), которые нашли применение в узлах трения для изготовления подшипников скольжения, зубчатых колес, направляющих станков и т.д. [1-5]. Однако эффективность применения данных материалов в чистом виде в различных трибосопряжениях ограничивается в связи с невысокими прочностными и теплофизическими свойствами. В сочетании с относительно высоким коэффициентом трения эти свойства в условиях "сухого" трения значительно ухудшают антифрикционные характеристики полимеров, тем более при сравнительно высоких скоростях скольжения ($V > 1,0 \text{ м/с}$) [6-10]. В связи с этим исследование закономерностей протекания трибологических процессов при трении композитов на основе гетероцепных полимеров и разработка на этой основе методов управления фрикционными свойствами представляют большой научный интерес для создания новых износостойких композитов. В качестве модификаторов применялись модифицированные армянские минеральные наполнители (МАН), такие как травертин, мрамор, бентонит и туф, обладающие повышенными смазывающими и адгезионными свойствами [11-13]. Модификация заключалась в том, что порошок минерального наполнителя смешивался в эксцентриковой вибромельнице совместно с органическими смазочными материалами: фторсодержащими олигомерами (фторалканами), стеариновой кислотой и волгонатом (алкансульфонат натрия).

Целью настоящей работы является исследование трибологических свойств гетероцепных полимеров, наполненных модифицированными армянскими минералами.

На основании результатов трибологических испытаний, проведенных на машине трения СМТ-1 по схеме "вал-частичный вкладыш", а также на машине

торцевого трения И-47 при скоростях от 0,25 до 5,0 м/с и в диапазоне нагрузок от 0,1 до 10,0 МПа, получены зависимости коэффициента трения, линейного износа и поверхностной температуры от продолжительности скольжения, позволяющие судить о скорости изнашивания и потерях на трение исследуемых материалов в период испытания. Результаты испытаний с оптимальным количеством наполнения МАМН показаны на рисунке.

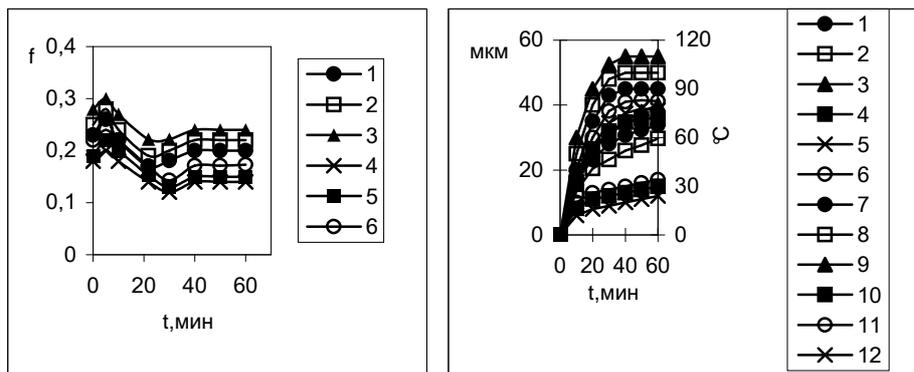


Рис. Зависимости коэффициента трения f , линейного износа (h и поверхностной температуры ϑ) от продолжительности скольжения по шлифованной поверхности ($R_a=1,25$ мкм) Стали 45 (48-52HRC) при удельном давлении $P_a=1,91$ МПа и скорости 0,78 м/с: 1(7) - ПА6; 2(8) - ПА66; 3(9) - ПФО; 4(10) - ПА6+30вес.%МАМН; 5(11) - ПА66+20вес.%МАМН; 6(12) - ПФО+30вес.%МАМН

Как следует из рисунка, при введении в ПА-6, ПА-66 и ПФО 30 и 20 вес.% МАМН значительно повышается их износостойкость (в 2,3...2,7 раза) и снижается коэффициент трения (в 1,3...1,7 раза), что во многом объясняется увеличением несущей способности композитов за счет большой прочности и жесткости наполнителей. При этом в процессе трения на металлической поверхности образуется прочная пленка фрикционного переноса (ФП), которая играет главную роль в механизме самосмазывания при их трении. С образованием пленки ФП наступает период установившегося износа, зависящего от свойств и долговечности самой пленки. Графическая зависимость коэффициента трения от продолжительности скольжения отражает процесс формирования пленки ФП на поверхности металлического контртела. Кинетика образования пленки ФП у всех исследуемых образцов одинакова, но нагрузочная способность пленок модифицированных материалов в данном режиме намного выше, чем у остальных материалов. Поэтому в установившемся режиме трения ($\vartheta=70...80^{\circ}\text{C}$) износ этих материалов практически прекращается.

Для сравнительной оценки трибологических свойств разработанных материалов и некоторых распространенных термопластичных полимеров, согласно обеим схемам трения, в таблице приведены обобщенные значения интенсивности изнашивания, коэффициента трения и поверхностной температуры от содержания наполнения.

Как видно из таблицы, наилучшими трибологическими свойствами по обеим схемам испытаний обладают одноименные композиции. Так, наиболее низкой интенсивностью изнашивания и наименьшим коэффициентом трения обладают композиции на основе ПА-6, ПФО и ПА-66, наполненные соответственно 30вес.% и 20вес.% МАМН. Триботехнические свойства исследуемых материалов при испытании по схеме торцевого трения несколько раз выше, чем при испытании по схеме "вал-частичный" вкладыш, что объясняется разными условиями теплоотвода и возможностями выноса частиц износа из зоны трения в связи с различными значениями коэффициентов взаимного перекрытия образцов ($K_{вз}=0,031$ для трения по схеме "вал-частичный" вкладыш и $K_{вз}=1$ для торцевого трения). Результаты испытаний показывают, что разработанные композиции по износостойкости превосходят распространенные материалы (табл.), сохраняя при этом коэффициент трения на одном уровне.

Таблица

Сравнительные триботехнические свойства разработанных материалов на основе гетероцепных полимеров [10-11]

Состав композиции вес. %	Интенсивность изнашивания $I \cdot 10^{-9}$	Коэффициент трения f	Температура на фрикционном контакте $\vartheta, ^\circ\text{C}$
ПА-6	12,2 / 46,5	0,24 / 0,30	90 / 100
ПА6+5% МАМН	10,8 / 38,3	0,22 / 0,28	90 / 95
ПА6+20% МАМН	8,0 / 31,6	0,17 / 0,24	80 / 85
ПА6+30% МАМН	5,2 / 20,2	0,14 / 0,20	70 / 80
ПА-66	10,5 / 48,3	0,22 / 0,31	100 / 125
ПА66+5% МАМН	10,0 / 42,5	0,26 / 0,32	100 / 105
ПА66+10% МАМН	7,2 / 28,5	0,20 / 0,28	90 / 100
ПА66+20% МАМН	4,8 / 18,2	0,16 / 0,22	80 / 90
ПФО	15,0 / 54,7	0,24 / 0,30	110 / 120
ПФО+5% МАМН	14,2 / 48,5	0,22 / 0,28	110 / 110
ПФО+20% МАМН	9,8 / 34,3	0,18 / 0,25	90 / 100
ПФО+30% МАМН	5,4 / 23,7	0,16 / 0,22	70 / 80
АТМ - 2	11,8 / 55,4	0,18 / 0,28	95 / 115
ПТФЭ	8,6 / 32,6	0,16 / 0,24	95 / 115
Эстеран - 51	9,42 / 38,2	0,25 / 0,35	90 / 110
СФД	10,29 / 45,8	0,16 / 0,23	90 / 110
СФД - ДМ	9,06 / 43,2	0,15 / 0,22	85 / 105
Хостаформ	10,12 / 46,2	0,15 / 0,22	90 / 110

В числителе указаны показатели испытания на машине трения СМТ-1 при трении по стали 45, (48-52HRC), $P_a=1,91\text{МПа}$ и $V=0,78\text{ м/с}$, а в знаменателе - на машине торцевого трения ИМ-58 при трении по стали 1Х13 (150-170 НВ), $P_a=0,2\text{МПа}$ и $V=1,7\text{ м/с}$.

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют, что модифицированные армянские минеральные наполнители оказывают положительное влияние на трибологические свойства гетероцепных полимеров, повышая их износостойкость и снижая величину коэффициента трения в условиях исследованных нагрузок и скоростей. Полученные результаты представляют

большой научный интерес для повышения эксплуатационных параметров современной триботехнической системы.

Разработанные композиции рекомендуются для узлов трения в качестве втулок, подшипников скольжения, мелкозубчатых колес, направляющих скольжения и т.д., эксплуатирующихся без смазки при значениях $PV \leq 2,5 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$, что значительно превосходит по этим показателям исходные полимеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белый В.А., Свириденко А.И.** и др. Трение и износ материалов на основе полимеров.- Минск: Наука и техника, 1976. - 431с.
2. Полимеры в узлах трения и механизмов: Справочник/ Под ред. **А.В.Чичинадзе.**- М.:Машиностроение,1980.- 208с.
3. **Погосян А.К.** Трение и износ наполненных полимерных материалов.- М.: Наука, 1977.- 139 с.
4. Триботехнические свойства антифрикционных самосмазывающихся пластмасс: Обзор информ. / Под ред. **Г.В. Сагалаева, Н.Л.Шембель** -М.: Изд. стандартов, 1982. - 62с.
5. Полимерные композиционные материалы – 95: Тез. докл. Межд. конф. "Поликом – 95." – Солигорск, 1995.
6. Новые материалы и технологии в трибологии: Тезисы 2-ой Амер.- Вост. евр. конф. НМТТ-97. - Минск. - Гродно- Варшава, 1997.
7. **Кацнельсон М.Ю., Балаев Г.А.** Полимерные материалы: Справочник. -Л.: Химия, 1982. - 315с.
8. **Струк В.А.** Трибохимическая концепция создания антифрикционных материалов на основе многотоннажно выпускаемых полимерных материалов: Автореф. дисс. ... докт. тех. наук. - Минск,1988. - 44с.
9. **Pogolian A.K., Karapetian A.N., Oganessian K.V.** Tribochemical processes and wear of composite polymer materials// Proc. of Inter. Conf. Wear of Materials, Denver USA - 1989. – Vol.2.- P. 521 - 528.
10. **Коршак В.В., Грибова И.А., Краснов А.П., Погосян А.К., Карапетян А.Н.** и др. Исследование трибохимических превращений при трении сополимера формальдегида с 1,3 - диоксоланом// Трение и износ. - 1988. – Т.9, N5.- С.773 - 778.
11. **Погосян А.К., Оганесян К.В., Карапетян А.Н., Багдасарян А.Э.** Антифрикционные композиционные полимерные материалы на основе СФД // Трение и износ.-1998.-Т.19, N1.- С.97-103.
12. **Карапетян А.Н.** Трибохимические процессы и антифрикционные свойства композиционных полимерных материалов: Тематический сб. науч. трудов / ГИУА.- Ереван. - 2002. - Т.1. - С.199 - 200.
13. **Karapetyan A., Hovhannisyan K., Gevorgyan G.** Study of Metal/ Polymer Tribocontacts 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.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 30.11.2002.

Ա.Ն. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

**ՀԵՏԵՐՈՑԻԿԼԱՅԻՆ ՊՈԼԻՄԵՐՆԵՐԻ ՀԻՄՔՈՎ ԻՆՔՆԱՅՈՒՂՎՈՂ
ԿՈՄՊՈԶԻՏՆԵՐԻ ՇՓԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Բերված են նախապես ձևափոխված հայկական հանքանյութերով (տրավերտին, մարմար, բենտոնիտ, տուֆ) լցավորված ջերմապլաստիկ հետերոցիկլային պոլիմերների հիմքով կոմպոզիտների շփագիտական հատկությունների հետազոտության արդյունքները: Ցույց է տրված, որ պոլիամիդ 6-ը և 66-ը, ինչպես նաև պոլիֆենիլենօքսիդը ձևափոխված հայկական հանքանյութերով լցավորելու դեպքում զգալիորեն (2,3...2,7 անգամ) մեծանում է նրանց մաշակայունությունը և 1,3...1,7 անգամ նվազում շփման գործակիցը:

A.N. KARAPETYAN

**TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF SELF-LUBRICATED COMPOSITES BASED
ON HETEROCHAIN POLYMERS**

Investigation results of tribological properties based on heterochain polymer composites filled with modified Armenian modified mineral fillers such as travertine, marble, bentonite and tuff are considered. It is shown that when the modified mineral fillers are inserted into the polyamids 6 and 66 as well as polyphenilenoxide the wear resistance considerably increases (2,3...2,7 times) and the friction coefficient decreases (1,3...1,7 times).