

**Скачков ВА.,****Воденникова О.С.**Запорожская государственная инженерная академия,  
г. Запорожье, Украина**ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ УГЛЕРОДНЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Успехи современного развития материаловедения в значительной степени связывают с установлением зависимостей эксплуатационных характеристик разрабатываемых композиционных материалов с их составом, способами получения, обработки, моделирования условий эксплуатации материалов трибосопряжения и возможностями целенаправленного компьютерного конструирования фрикционных пар узлов трения на их основе. Экспериментальное определение свойств многокомпонентных композиционных материалов с различными схемами построения структур требуют весьма большого объема дорогостоящих исследований. В связи с этим возникает необходимость построения математических моделей прогнозирования триботехнических характеристик композиционных материалов, позволяющих описать процессы структурообразования. Известно, что характерной особенностью композиционных материалов является как возможность объединения полезных свойств отдельных компонентов, так и проявления ими новых свойств, отличных от свойств компонентов. Поэтому предварительная проработка всех вариантов формирования структуры и свойств композиционных материалов позволяет определить оптимальные схемы подбора состава и соотношения компонентов композита [1].

Целью работы являются экспериментальные исследования коэффициентов трения многокомпонентных композиционных материалов, разработка математической модели прогнозирования коэффициентов трения и оценка ее адекватности.

Экспериментальным исследованиям подвергались многокомпонентные композиты. В качестве твердых компонентов самосмазочного типа использовались чешуйчатый графит (ЧГ) и порошкообразные отходы механической обработки графитированных электродов (Г) со средним диаметром 97 мкм и коэффициентом вариации 29 %.

В качестве упрочняющих компонентов использовали порошки  $Al_2O_3$  и TiC. Порошок  $Al_2O_3$  имел средний диаметр 54,9 мкм, коэффициент вариации – 14 %. Порошок карбида титана имел средний диаметр 47 мкм, коэффициент вариации – 3 %.

Роль связующих компонентов выполняли порошок алюминия ПАВ и алюминиевая пудра ПА.

Опытные серии образцов получены методом двухстороннего горячего прессования. Температура прессования составляла  $450 \pm 10$  °С, удельное давление прессования – 270 МПа. Состав серии образцов представлен в таблице 1.

Экспериментальные исследования по определению коэффициентов трения проводили на машине трения СМТ-1М. Принципиальная схема испытаний по системе диск-колодка представлена на рис. 1.

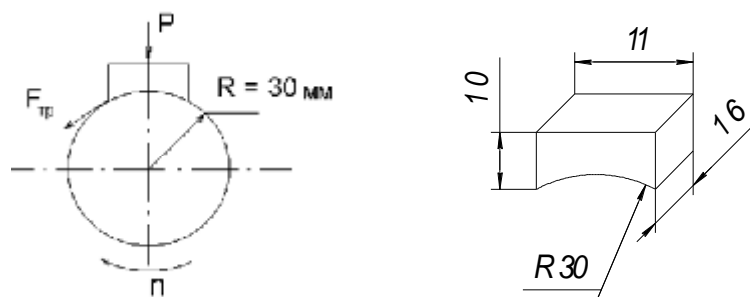


Рис. 1 – Схема проведения эксперимента по определению коэффициентов трения

Диск выполнен из серого чугуна с полированной рабочей поверхностью. Образец выполнен в виде параллелепипеда с размерами (мм) 10 × 16 × 11. Сторону 16 × 11 мм предварительно притирали по рабочей поверхности диска.

Коэффициенты трения определяли по формуле:

$$k_{mp} = \frac{M_{mp}}{P \cdot R}; \quad M_{mp} = F_{mp} \cdot R, \quad (1)$$

где  $k_{mp}$  – коэффициент трения, б/р;

$M_{mp}$  – момент трения, Н · м;

$F_{тр}$  – сила трения, Н;

$n$  – скорость вращения, об/мин;

$P$  – сила давления, Н;

$R$  – радиус трения, м.

Предварительно исходные материалы (чешуйчатый графит, глинозем, карбид титана, графит) подвергали сенсбилизации с помощью хлористого олова для активизации поверхности перед нанесением гальванического никелевого покрытия. Толщина электролитического никелевого покрытия составляла 0,7 ... 5,4 мкм.

Экспериментальные данные по основным характеристикам многокомпонентных композиционных материалов и их компонентному составу представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристики многокомпонентных композиционных материалов  
триботехнического типа**

№ серии образцов	Состав, % объемн.						НВ, МПа		Удельное давление, МПа	Коэффициент трения	
	ЧГ	Г	ПАВ	ПА	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiC	среднее значение	коэффициент вариации		опыт	расчет
1	10	75	15	-	-	-	778	0,04	1,5 2,6 4,0	0,14 0,14 0,15	0,16
2	10	20	50	20	-	-	915	0,13	1,5 2,6 3,5	0,22 0,22 0,21	0,21
3	23	23	-	15,5	-	38,5	2918	0,11	1,5 2,6 4,0	0,11 0,11 0,10	0,13
4	5	-	-	25	70	-	970	0,09	1,0 1,5 2,8	0,10 0,12 0,13	0,14
5	15	30	40	15	-	-	1326	0,07	1,0 1,5 3,2	0,20 0,21 0,20	0,21
6	15	-	-	25	60	-	840	0,07	1,5 2,8 4,0	0,26 0,27 0,26	0,25
7	20	19	-	13	-	48	1660	0,10	1,5 2,7 3,5	0,19 0,18 0,19	0,20

В разработанной модели заложено представление многокомпонентного композита в виде среды класса  $B_2$ , в которой на элементах второго порядка малости заложены характеристики всех компонентов композита. В качестве характеристик используются модели упругости компонентов, их коэффициенты трения и объемное содержание. В этом случае на поверхности трения формируется общая сила трения, полученная суммированием индивидуальных сил трения, создаваемых каждым компонентом композита. Каждая индивидуальная сила трения определяется произведением коэффициента трения соответствующего компонента композиционного материала на усилие его прижатия к поверхности трения.

Расчетное значение глобального коэффициента трения в формулировке работы [3] с инженерной точностью можно определить по формуле:

$$k = \sum_{p=1}^N k_p P_p (E_p - E_M) / E_M, \quad (2)$$

где  $k_p$  – коэффициент трения компонента композита с номером  $P$ ;

$E_p, P_p$  – модуль упругости и объемное содержание компонента с номером  $P$ , соответственно;

$E_M$  – модуль упругости композита;

$N$  – число компонентов в композите.

Расчетные значения коэффициентов трения для исследованных серий образцов представлены в табл. 1. Отклонение опытных значений коэффициентов трения от расчетных составляет не более 14 %.

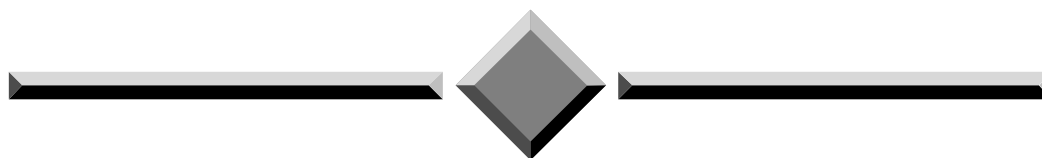
### Выводы

Экспериментально определены коэффициенты трения для гибридных композитов различного состава. Выбраны материалы компонентов композитов с учетом их коэффициентов трения. Разработана и проверена на адекватность математическая модель прогнозирования коэффициентов трения для металлокерамических углеродных композиционных материалов.

### Литература

1. Дедков, Г.В. Нанотрибология: экспериментальные факты и теоретические модели [Текст] / Г.В. Дедков // Успехи физических наук. – 2000. – Т.170, №6. – С. 586-618.
2. Моделювання процесу зношення багатоконпонентних композиційних матеріалів у зоні тертя [Текст] / В.О. Скачков, С.А. Воденніков, В.І. Іванов та ін. // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2008. – № 2. – С. 56-60.
3. Кузменко, А.Г. Глобальный и локальный коэффициенты трения и объяснения их зависимости от давления [Текст] / А.Г. Кузменко // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2008. – №2. – С. 69-89.

Надійшла 23.01.12



ЧИТАЙТЕ

журнал

**“Problems of Tribology”**

во всемирной сети

INTERNET !

<http://www.tup.km.ua/science/journals/tribology/>