

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) **ВУ** (11) **2596**  
(13) **С1**  
(51)<sup>6</sup> **С 08L 61/10,**  
**С 08J 5/16**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ  
КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

(54) **АНТИФРИКЦИОННЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ**

(21) Номер заявки: 960169

(22) 09.04.1996

(46) 30.12.1998

(71) Заявитель: Институт механики металло-полимерных систем НАН Беларуси (ВУ)

(72) Авторы: Зайцев А.Л., Кириленко В.П. (ВУ)

(73) Патентообладатель: Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси (ВУ)

(57)

Антифрикционный композиционный материал, содержащий фенольную смолу, оксиды кремния, алюминия, железа и углеродный компонент, **отличающийся** тем, что он содержит в качестве углеродного компонента высокодисперсную сажу и дополнительно гидроксиды калия, кальция и железа при следующем соотношении компонентов, мас. %:

SiO <sub>2</sub>	25 - 45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15 - 36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 - 8
КОН	1 - 4
Ca(OH) <sub>2</sub>	2 - 4
Fe(OH) <sub>3</sub>	3 - 7
высокодисперсная сажа	0,5 - 2
фенольная смола	остальное.

(56)

1. Патент США № 4316834, МПК<sup>3</sup> С 08L 6/06, 1982.

2. Выложенная заявка Японии 53-134 848, МПК<sup>2</sup> С 08J 5/16, 1978.

3. Выложенная заявка Японии 57-187349, МПК<sup>3</sup> С 08L 61/06, С 08K 3/34, 1982 (прототип).

Изобретение относится к области создания композиционных материалов на основе фенольных полимерных связующих, предназначенных для эксплуатации в узлах трения скольжения в условиях граничной смазки водой, минеральными маслами, многоатомными спиртами и их водными растворами.

Известен материал [1] на основе фенолоформальдегидного связующего, содержащий графит и свинцовый порошок.

Недостатком данного материала является низкая износостойкость в условиях трения скольжения в присутствии жидкой смазочной среды. Повышенный износ материала обусловлен тем, что в качестве основного наполнителя используется графит, который обладает низкими прочностными характеристиками, что в сочетании с его высокой удельной поверхностью не позволяет обеспечить прочную связь между фенольным связующим и наполнителем. В следствии этого трение полимера в жидких смазочных средах сопровождается разрушением поверхностных слоев материала и высоким износом как полимера, так и металлического контртела.

Известен материал [2] для изготовления элементов узлов трения, состоящий из углеродного порошка, фенольной смолы, невулканизированной резины и окиси железа.

Недостатком данного материала является повышенный износ в воде и водных растворах многоатомных спиртов, что связано с проникновением низкомолекулярных продуктов смазочной среды в поверхностный слой материала. В следствии чего при трении в условиях граничной смазки водой и водными растворами многоатомных спиртов образуются трещины на поверхности полимера, которые впоследствии приводят к удалению с поверхности композита частиц материала.

Наиболее близкой к предлагаемому по составу и достигаемому эффекту является полимерная композиция [3], содержащая (мас.%) фенолоформальдегидную смолу, 20-70 коротких неорганических волокон и 5-20

наполнителя в виде сферических частиц FeO. Волокна содержат (мас. %): 52,5 SiO<sub>2</sub>; 22,8 MgO; 1,7 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,3 FeO; 0,5 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,8 CaO; 0,4 K<sub>2</sub>O и 0,3 Na<sub>2</sub>O.

Недостатком данного материала является низкая износостойкость материалов сопряжения при смазке водой, минеральным маслом и водными растворами многоатомных спиртов. Кроме этого материал характеризуется повышенным абразивным воздействием на поверхность металлического контртела при трении с жидкостной смазкой.

Задачей изобретения является повышение износостойкости композиционного материала и металлического контртела, а также снижение коэффициента трения при трении в условиях граничной смазки водой, минеральными маслами, многоатомными спиртами и их водными растворами.

Поставленная задача решается тем, что композиция, включающая термореактивное полимерное связующее фенольного типа и минеральный наполнитель на основе оксида кремния, оксида алюминия и оксида железа, дополнительно содержит сажу, гидроксиды железа, калия и кальция при следующем соотношении компонентов, мас. %:

окись кремния	25-45
окись алюминия	15-35
окись железа	3-8
гидроокись кальция	2-4
гидроокись калия	1-4
гидроокись железа	3-7
сажа	0,5-2
фенольная смола	остальное.

Оксиды металлов (оксид кремния, алюминия, железа) вводятся в композицию в качестве армирующего и конструкционного наполнителя, что снижает пластическую деформацию материала. Это позволяет повысить нагрузочную способность композиционного материала в режиме граничной смазки. В качестве добавок повышающих износостойкость композиционного материала, используются гидроксиды кальция, калия и железа, а также сажа. Данные компоненты являются пассиваторами коррозии, что также позволяет существенно снизить коррозионно-механический и водородный износ контртела. Высокие адсорбционные свойства предлагаемых добавок и наполнителя позволяют создать на поверхности прочный адсорбционный слой смазывающей жидкости и продуктов трибодеструкции, за счет чего предлагаемый материал характеризуется повышенной нагрузочной способностью по сравнению с аналогами и прототипом, обладает более высокими триботехническими свойствами.

Авторам неизвестно техническое решение, позволяющее снизить интенсивность изнашивания и коэффициент трения фрикционного сопряжения при трении в условиях граничной смазки водой, минеральными маслами, многоатомными спиртами и их водными растворами. При изучении патентной информации и научно-технической литературы подобное решение не обнаружено. Эффект от использования заявленного технического решения не является следствием уже известных свойств объекта и обнаружен самими авторами.

Для определения количественного состава компонентов материала проводились сравнительные фрикционные испытания композиционных материалов, отличающихся содержанием наполнителя и износостойких антифрикционных добавок.

Изготовление пресс-материала осуществлялось по следующей технологии. Порошковый наполнитель перемешивался в шаровой мельнице в течение 1 часа, затем пропитывался фенолформальдегидной смолой и сушился в термощкафу при температуре 90-100 °С в течении 3 часов. Перед прессованием материал измельчался и просеивался через сито с размером ячеек не более 1 мм.

Пресс-материал прессовался при температуре 160 °С и давлении 150 МПа, время выдержки под давлением 1,5 мин на 1 мм толщины изделия.

Примеры составов композиционных материалов, аналогов и прототипа представлены в табл. 1.

Фрикционные испытания проводили по следующей методике. Образцы, приготовленные в виде втулок с наружным диаметром 25 мм и внутренним диаметром 18 мм, испытывались по схеме торцевого трения на машине трения-верчения в среде жидкой смазки (40%-го водного раствора этиленгликоля) при скорости скольжения 2,7 м/с и нагрузки 0,6 МПа в течение 180 мин. В качестве контртела использовался чугун марки СЧ20 тех же размеров, что и композиционные образцы. Коэффициент взаимного перекрытия трущихся поверхностей равнялся 1.

В качестве критериев, по которым производили сравнение работоспособности образцов, приняты следующие:

интенсивность изнашивания композита (I <sub>ком.</sub> ) -	м/м;
интенсивность изнашивания контртела (I <sub>к.т.</sub> ) -	м/м;
коэффициент трения (f).	

Результаты фрикционных испытаний образцов приведены в табл. 2.

Таблица 1

## Состав пресс-материалов, подвергающихся сравнительным фрикционным испытаниям, мас. %

№ п/п	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ca(OH) <sub>2</sub>	KOH	Fe(OH) <sub>3</sub>	сажа	гра-фит	Pb	углерод	невулканиз. резина	ФФС
1	-	22	37	5	-	-	-	-	-	3	3	5	1	-	-	-	-	24
2	-	44	17	2	-	-	-	-	-	3	3	5	1	-	-	-	-	22
3	-	35	25	5	-	-	-	-	-	3	3	5	1	-	-	-	-	23
4	-	28	33	9	-	-	-	-	-	3	3	5	1	-	-	-	-	18
5	-	48	20	5	-	-	-	-	-	3	3	5	1	-	-	-	-	15
6	-	20	30	10	-	-	-	-	-	3	3	5	1	-	-	-	-	28
7	-	30	40	3	-	-	-	-	-	3	3	5	1	-	-	-	-	15
8	-	40	12	8	-	-	-	-	-	3	3	5	1	-	-	-	-	28
9	-	35	25	5	-	-	-	-	-	1	3	5	1	-	-	-	-	25
10	-	35	25	5	-	-	-	-	-	5	3	5	1	-	-	-	-	21
11	-	35	25	5	-	-	-	-	-	3	0,5	5	1,5	-	-	-	-	25
12	-	35	25	5	-	-	-	-	-	3	4,5	5	1,5	-	-	-	-	21
13	-	35	25	5	-	-	-	-	-	3	3	2	1	-	-	-	-	26
14	-	35	25	5	-	-	-	-	-	3	3	8	1	-	-	-	-	20
15	-	35	25	5	-	-	-	-	-	3	3	5	2,5	-	-	-	-	21,5
16	-	35	25	5	-	-	-	-	-	3	3	5	0,3	-	-	-	-	23,7
аналог 1	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	2	-	-	28
аналог 2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	15	22
прототип	15	39,7	1,3	0,4	0,25	17,2	0,6	0,3	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	25

Таблица 2

## Результаты сравнительных фрикционных испытаний при смазке 40%-ым водным раствором этиленгликоля

№ п/п	И.комп. x10 <sup>-10</sup> м/м	И.т. x10 <sup>-12</sup> м/м	f
1	3,6	17,0	0,032
2	0,72	8,7	0,029
3	0,54	1,9	0,021
4	1,0	7,3	0,042
5	2,1	10,0	0,032
6	11,0	14,0	0,035
7	2,2	32,0	0,031
8	7,5	22,0	0,036
9	1,4	5,1	0,025
10	2,1	2,9	0,029
11	1,2	5,7	0,026
12	2,6	3,2	0,029
13	1,4	4,5	0,028
14	2,2	6,2	0,030
15	1,9	4,3	0,025
16	0,8	7,4	0,028
аналог 1	1,6	10,0	0,065
аналог 2	2,1	9,0	0,060
прототип	1,9	9,5	0,045

Сравнительные испытания показали, что лучшими фрикционными характеристиками обладает образец <sup>1</sup> 3, который превосходит в 2-3 раза по характеристикам аналог и прототип. При этом значительно увеличивается износостойкость металлического контртела. Сравнительные испытания, выполненные при смазке водой, этиленгликолем и минеральным маслом, предлагаемого материала, аналогов и прототипа проводились по схеме описанной выше.

Результаты сравнительных испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3.

	Н <sub>2</sub> O			Этиленгликоль			Масло МВ-8		
	Икомп. $\times 10^{-9}$ м/м	Ик.т. $\times 10^{-10}$ м/м	f	Икомп. $\times 10^{-10}$ м/м	Ик.т. $\times 10^{-11}$ м/м	f	Икомп. $\times 10^{-10}$ м/м	Ик.т. $\times 10^{-11}$ м/м	F
Образец №3	0,5	0,7	0,04	0,82	0,33	0,029	2,3	0,6	0,055
Аналог 1	1,5	2,1	0,05	2,4	1,8	0,07	9,3	2,1	0,09
Аналог 2	2,8	2,5	0,09	2,5	1,1	0,05	7,2	1,8	0,07
Прототип	1,4	2,8	0,09	1,7	0,91	0,04	5,0	1,4	0,06

Как следует из табл. 3 предлагаемый материал по сравнению с известными обладает более высокой износостойкостью и более низким коэффициентом трения в широком диапазоне смазочных сред, что достигается за счет введения в композиционный материал добавок с высокой адсорбционной способностью, обеспечивающих образование прочного адсорбционного слоя смазывающей жидкости на поверхности образца в процессе трения.

Так, при трении в воде износостойкость предлагаемого композиционного материала в 4 раза выше износостойкости прототипа. Кроме этого, значительно снижается износ металлического контртела. При трении в масле, этиленгликоле и водном растворе этиленгликоля износ предлагаемого композиционного материала и металлического контртела меньше чем у аналогов и прототипа более чем в 2 раза.

Для определения предельных нагрузок возможного применения разработанного материала, работающего в режиме граничной смазки по схеме торцевого трения втулка-втулка, проводились испытания в широком диапазоне нагрузок от 0,25 МПа до катастрофического износа при смазке водой, маслом, этиленгликолем и водным раствором этиленгликоля.

По результатам испытаний установлено, что существенного изменения интенсивности износа не наблюдается при трении: в воде до 3,5 МПа, в этиленгликоле до 13 МПа, в масле до 6 МПа и в водном растворе этиленгликоля до 11 МПа.

Фрикционные испытания позволяют утверждать, что предлагаемый композиционный материал может быть использован в качестве конструктивных элементов скольжения в оборудовании, работающих в условиях граничной смазки водой, минеральными маслами, многоатомными спиртами и их водными растворами.

Использование разработанного композиционного материала позволит заменить в узлах трения материалы из цветных металлов и сплавов, а также дорогостоящих антифрикционных полимерных материалов типа полигетероариленов.

Составитель А.Ф. Фильченкова  
Редактор Т.А. Лушачковская