

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИЛУМИНА АК12М2МгН

Комаров А.И., Комарова В.И., Шипко А.А.

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
komarova@inmash.bas-net.by

Актуальной задачей современного машиностроения является снижение массы узлов и деталей. В связи с этим в последнее время широко используются алюминиевые сплавы, в том числе эвтектические и заэвтектические силумины. Однако недостаточно высокие трибомеханические свойства последних ограничивают их применение в узлах трения. Повышение прочностных и триботехнических свойств таких сплавов может быть достигнуто путем их модифицирования микро- и наноразмерными керамическими полифункциональными наполнителями, которые, как показали выполненные ранее исследования [1], оказывают существенное воздействие на структуру эвтектических силуминов. Цель настоящей работы – исследование триботехнических характеристик литых алюмоматричных композитов, полученных модифицированием эвтектического силумина АК12М2МгН созданными микро- и наноразмерными наполнителями.

На рисунке 1 представлены результаты исследования коэффициента трения f исходного сплава АК12М2МгН и полученных на его основе композитов в среде моторного масла М-10Г_{2К} при $p = 30$ МПа. Как следует из сопоставления полученных данных, наиболее высокие значения коэффициента трения соответствуют сплаву в исходном состоянии. В этом случае на стадии установившегося изнашивания величина f находится на уровне значений 0,08. После пути трения 3000 м регистрируется резкое возрастание коэффициента трения до значения 0,15. В отличие от исходного сплава для композитов на стадии установившегося изнашивания коэффициент трения в 2,5–4 раза ниже. Отметим, что наименьшая длительность стадии приработки регистрируется для КМ6, в котором содержание модификатора BN составляло 1 мас.%, и исходный порошок которого подвергался атриторной обработке, последующей УЗ-обработке и седиментации, вследствие чего размер частиц вводимого в расплав нитрида бора составлял $\sim 0,2$ мкм.

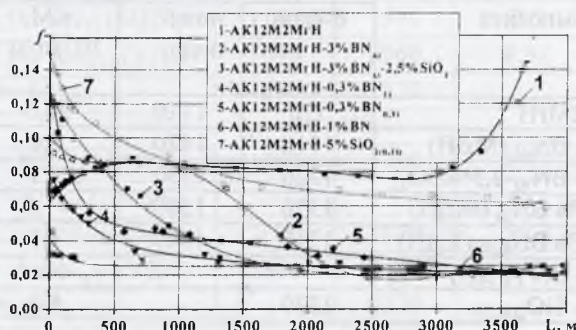


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения исходного силумина АК12М2МгН и композитов на его основе от продолжительности испытания в условиях граничного трения при $p = 30$ МПа в масле М-10Г_{2К}

Для исходного сплава отмечается также наибольшая потеря массы (таблица 1), превышающая величину износа композитов в 30–60 раз. Вместе с тем для образца

КМ3 наряду с его очень низким массовым износом зарегистрирован наиболее высокий износ контртела. Это можно объяснить присутствием в композите не модифицированных частиц SiO_2 , не вступивших в реакцию с алюминиевым расплавом и вследствие этого выступающих в роли абразива. Для всех остальных композитов массовый износ контртела в 1,3–3 раза ниже по сравнению с контртелом пары трения АК12М2МгН–сталь. В случае фрикционной пары КМ4–сталь зарегистрировано повышение массы контртела, что связано с переносом на его поверхность продуктов износа.

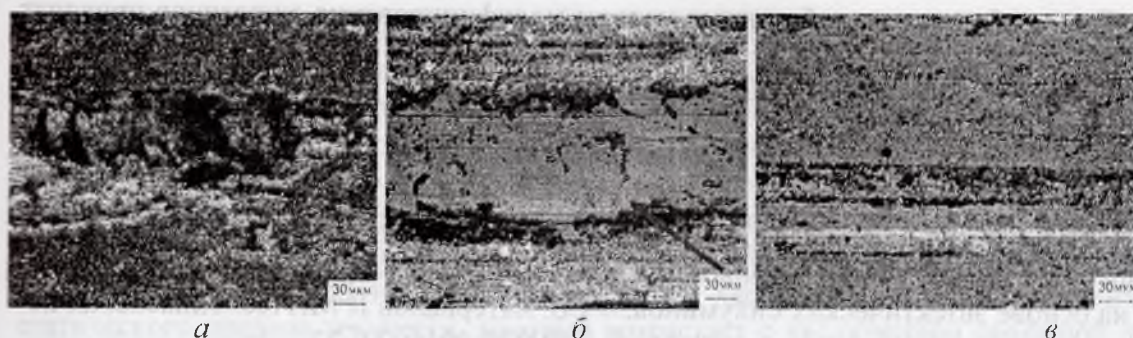
В таблице 1 приведены данные по интенсивности изнашивания композитов и взаимодействующими с ними контртелами, а также микротвердость α -фазы и эвтектики. Повышение твердости поверхностей трения композитов связано с возрастанием концентрации дефектов в тонких поверхностных слоях, о чем непосредственно свидетельствует увеличение физического уширения дифракционных линий матричной фазы.

С целью определения диапазона рабочих давлений разработанных композитов проведены триботехнические испытания в достаточно широком интервале (30–65 МПа) контактных давлений в среде индустриального масла И-40А, имеющего более низкую вязкость по сравнению с моторным маслом М-10Г_{2К}. Результаты исследования коэффициента трения, интенсивности изнашивания композитов, данные по микротвердости поверхностей трения приведены в таблице 2. При давлении 30 МПа, как следует из сравнительного анализа данных, наихудший результат зарегистрирован для сплава АК12М2МгН. Здесь также, как и в случае масла М-10Г_{2К}, отмечены наиболее высокие значения коэффициента трения. Так, после приработки, соответствующей 200 м, и непродолжительной стадии установившегося износа ($L=200$ –320 м), на которой коэффициент трения равен 0,20, отмечается его резкое возрастание до уровня $f = 0,36$. Дальнейшие испытания образца из не модифицированного сплава АК12М2МгН не проводились. Полученные данные по трибоспытаний при 30 МПа согласуются с результатами исследования морфологии поверхности трения (рисунок 2).

Таблица 1. Микротвердость $H_{0,2}$, интенсивность изнашивания I , коэффициент трения f сплава АК12М2МгН и композитов на его основе, прошедших испытание при $p = 30$ МПа в условиях граничного трения в моторном масле М-10Г_{2К}

Композит	Состав композита	$H_{0,2}$, МПа		I		f
		α -фаза	эвтектика	КМ, 10^{-5} мг/м	контр-тело, 10^{-4} мг/м	
1	Отливка АК12М2МгН	770	1110	28,0	7,3	0,08-0,14
КМ2	АК12М2МгН-3% BN_{Al} (МДП)	1110	1470	2,6	1,02	0,018-0,02
КМ3	АК12М2МгН-3% BN_{Al} -2,5% SiO_2	1320	1530	1,3	2,5	0,02-0,022
КМ4	АК12М2МгН-0,3% BN_{Ti} (МДП)	1330	1500	+1,3	+6,7	0,023-0,027
КМ5	АК12М2МгН-0,3% $\text{BN}_{\text{B,Ti}}$ (УДП)	1310	1540	1,3	2,0	0,02-0,03
КМ6	АК12М2МгН-1% BN (УДП)			отс.	2,5	0,02-0,027
КМ7	АК12М2МгН-5% $\text{SiO}_{2(\text{B,Ti})}$	1330	-	5,0	1,1	0,02-0,025

Видно, что после испытания сплава АК12М2МгН на его поверхности трения регистрируются задиры и следы схватывания. Для поверхности композита КМ2 характерен значительный массоперенос продуктов износа контртела (показано стрелкой). В случае композита КМ4 поверхность трения выглаживается до зеркального блеска.



a – сплав АК12М2МгН; *б* – КМ2; *в* – КМ4

Рис. 2. Микроструктура поверхности трения отливки АК12М2МгН и композитов после испытания при $p = 30$ МПа

Как следует из представленных в таблице 2 данных, наилучшими трибологическими свойствами обладает образец КМ7. С этим выводом согласуются результаты определения массового износа композитов и контртела. Высокими трибомеханическими характеристиками обладают также и другие разработанные композиты (таблица 2).

Таблица 2. Микротвердость $H_{0,2}$ поверхности трения, интенсивность изнашивания I , коэффициент трения f сплава АК12М2МгН и композитов на его основе после испытания в режиме граничного трения при $p = 30 - 65$ МПа в среде масла И-40А

Образец**	Материал	Путь трения, м	$H_{0,2}$, МПа	I		f
				КМ, 10^{-4} мг/м	контртело, 10^{-3} мг/м	
$p = 30$ МПа						
1	АК12М2МгН	354	2760	76,3	257,0	0,193-0,39
КМ2	АК12М2МгН-3% BN _{Al} (МДП)	1080	1590	3,2	1,2	0,043-0,05
КМ3	АК12М2МгН-3% BN _{Al} -2,5%SiO ₂	480	1900	71,9	+5,0	0,136-0,24
КМ4	АК12М2МгН-0,3% BN _{Ti} (МДП)	1080	1880	1,4	2,3	0,040-0,062
КМ5	АК12М2МгН-0,3% BN _{B,Ti} (УДП)	1060	1230	46,2	+1,42	0,017-0,032
КМ7	АК12М2МгН-5% SiO _{2(B,Ti)}	1080	1970	7,4	0,93	0,022-0,035
$p = 40$ МПа						
КМ2	АК12М2МгН-3% BN _{Al} (МДП)	1290	1470	0,39	0,74	0,013-0,019
КМ3	АК12М2МгН-3% BN _{Al} -2,5%SiO ₂	-	*	-	-	-
КМ4	АК12М2МгН-0,3% BN _{Ti} (МДП)	1100	1590	2,3	1,95	0,067-0,111
КМ5	АК12М2МгН-0,3% BN _{B,Ti} (УДП)	1090	2060	0,92	отс.	0,037-0,067
КМ7	АК12М2МгН-5% SiO _{2(B,Ti)}	1080	1970			0,017-0,024
$p = 50$ МПа						
КМ2	АК12М2МгН-3% BN _{Al} (МДП)	1300	1730	0,77	0,38	0,023-0,030
КМ3	АК12М2МгН-3% BN _{Al} -2,5%SiO ₂	-	*	-	-	-
КМ4	АК12М2МгН-0,3% BN _{Ti} (МДП)	270	1620	96,3	4,4	0,108-0,185
КМ5	АК12М2МгН-0,3% BN _{B,Ti} (УДП)	1080	2490	отс.	0,09	0,03-0,051
КМ7	АК12М2МгН-5% SiO _{2(B,Ti)}		2370			
$p = 65$ МПа						
КМ2	АК12М2МгН-3% BN _{Al} (МДП)	1110	1660	+0,9	5,0	0,098-0,106
КМ3	АК12М2МгН-3% BN _{Al} -2,5%SiO ₂	-	*	-	-	-
КМ4	АК12М2МгН-0,3% BN _{Ti} (МДП)	-	*	-	-	-
КМ5	АК12М2МгН-0,3% BN _{B,Ti} (УДП)	1080	2620	6,5	0,7	0,114-0,127
КМ7	АК12М2МгН-5% SiO _{2(B,Ti)}		2160			

Примечание: * - схватывание; ** - отливки получены в ФТИ НАН Беларуси

Таким образом, разработанные методы модифицирования силуминов приводят к повышению износостойкости полученных композитов в 4-20 раз, снижению коэффициента трения в 3,5-18 раз и расширяют диапазон рабочих давлений в 1,5-2 раза.

Литература

1 Комаров А.И., Комарова В.И., Сенють В.Т. Использование полученных в реакциях in-situ тугоплавких наноразмерных модификаторов при разработке литых композитов на основе эвтектических силуминов. // Сб. материалов II МНТК "Инженерия поверхностного слоя деталей машин". Минск: БНТУ, 2010, 31–33.

РЕОЛОГИЯ ПИГМЕНТИРОВАННЫХ ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЙ ПОЛИМЕРОВ, СОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУРИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ

Кошевар В. Д., Бычко Г. В., Кажуро И. П.

Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, 220072, г. Минск,

ул. Сурганова, д. 9

e-mail: koshevar@igic.bas-net.by

До настоящего времени для таких сложных систем, каковыми являются смешанные дисперсии лиофильных минеральных порошков и лиофобных полимерных коллоидных частиц, не существует научно обоснованных подходов для прогнозирования их реологического поведения при изменении ряда переменных факторов: концентрации, размера и формы частиц твердой фазы, относительной концентрации минеральных и полимерных частиц, pH дисперсионной среды, химии поверхности частиц и т.д..

В связи с этим экспериментальные исследования, направленные на установление закономерностей поведения подобных систем при их течении и растекаемости весьма актуальны и могут быть полезны при разработке ЛКМ с заданными структурно-механическими параметрами.

Учитывая указанные обстоятельства, в данной работе ставилось целью исследовать характер реологического поведения концентрированных (неньютоновских) смешанных дисперсий латексов и минеральных порошков различной химической природы в присутствии структурообразующих добавок.

В качестве водных дисперсий полимеров применяли следующие латексные системы: сополимер акриловой и метакриловой кислот марки Finndisp RSD 20 (Forsit, Финляндия) и сополимер стирола и бутадиена Lipaton SB 5551 (Polymer Latex, Германия) в массовом соотношении 1:7. Количественный состав указанной пленкообразующей основы оставался постоянным во всех экспериментах и составлял 60 мас.% (30 об.%). Пигментная часть включала моногидрат метабората бария, железистый оксидный пигмент марки «ЖК» и микрослюда марки МС-05-80. В процессе эксперимента содержание твердой минеральной фазы изменялось в диапазоне (15-25) мас.%, что соответствовало объемной концентрации (11-18)%. Используемые реологические добавки Акрисол ТТ 935 и Тафигель ПУР 61, представляющие собой анионный акриловый и гидрофобно-модифицированный этоксилат-уретановый сополимеры соответственно, вводились в смешанные дисперсии в количестве 0,3; 0,5; 0,7%. Реологические измерения проводили в стационарном режиме при температуре