

М. М. Ревяко, профессор; О. М. Касперович, ст. преподаватель;
В. В. Яценко, доцент

МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ НАПОЛНИТЕЛЯ

We offer a composition containing up to 98% metal fillings. These materials represent special interest at realization of various repair work: car repairs, sanitary and heating systems, cases of machines and engines of various purpose. In work the compounding is developed and properties metalik-polymers materials of matrix type on the basis of epoksid pitches and of metal fillings are investigated. Substantial growth characteristics of durability is revealed at preservation of high adhesive properties of compositions. Besides the created compositions have low усадку, that is very important at their target use.

Введение. В настоящее время находят применение в различных отраслях промышленности металлополимерные материалы с высоким содержанием (92–98% об.) металлического наполнителя (чугун, сталь, медь, бронза, алюминий). Особый интерес эти материалы представляют при осуществлении различных ремонтных работ: ремонт автомобилей, сантехнических и отопительных систем, корпусов машин и двигателей различного назначения [1, 2]. В качестве полимерной основы материалов могут быть использованы различные полимерные связующие типа полиуретановых лаков, отверждаемых влагой воздуха, модифицированных кремнийорганических смол и т. д., но чаще всего эту функцию выполняют эпоксидные смолы [3].

Основная часть. Цель исследования – разработка рецептуры металлополимерных материалов на основе полимерного связующего с высоким содержанием (92–98% об.) металлического наполнителя и изучение их свойств.

В данной работе объектом исследования были металлополимерные материалы матричного типа на основе эпоксидной смолы ЭД-20 и порошкообразных наполнителей: порошок медный электролитический марки ПМС-1 (ГОСТ 4960–75), бронзовый порошок марки Бр.ОФ10-1 (ТУ 48-42-3-85), порошок алюминиевый марки ПА-4 (ГОСТ 6058–73), порошок железный марки ПЖВ.160.28, порошок цинковый марки ПЦР-1 (ТУ 1721-002-194228-97, аналог ГОСТ 12601–76). Наполнители получены в НИИ порошковой металлургии и имеют характеристики, приведенные в табл. 1–5.

Таблица 1

Гранулометрический состав медного порошка ПМС-1

Параметр	Величина
Содержание меди, %, не менее	99,5
Гранулометрический состав, %	
<100 мкм	≥99,5
<71 мкм	≥90,0
<45 мкм	65,0–80,0
Насыпная плотность, г/см ³	1,25–1,90

Таблица 2

Гранулометрический состав бронзового порошка Бр.ОФ10-1

Параметр	Величина
Гранулометрический состав, %	
<450 мкм	≥99,0
<224 мкм	≥60,0–70,0
<180 мкм	≤10,0
Насыпная плотность, г/см ³	4,50–5,50

Таблица 3

Гранулометрический состав алюминиевого порошка ПА-4

Параметр	Величина
Гранулометрический состав, %	
<63 мкм	≥99,5
<45 мкм	≥50,0
<25 мкм	≥35,0–45,0
Насыпная плотность, г/см ³	3,50–4,50

Таблица 4

Гранулометрический состав железного порошка ПЖВ.160.28

Параметр	Величина
Гранулометрический состав, %	
<630 мкм	≥99,5
<315 мкм	≥90,0
<224 мкм	≤10,0
Насыпная плотность, г/см ³	4,0–4,5

Таблица 5

Гранулометрический состав цинкового порошка ПЦР-1

Параметр	Величина
Гранулометрический состав, %	
<100 мкм	≥99,9
<71 мкм	≥50,0
<45 мкм	≥40,0
<25 мкм	≥10,0
Насыпная плотность, г/см ³	3,2–3,7

Приготовление композиции заключалось в смешении эпоксидной смолы наполнителя и отвердителя (полиэтиленполиамин). Содержание наполнителя составляло 80, 85, 90 и 95% об.

Полученной пастообразной массой заполнялись пластмассовые формы со следующими размерами оформляющей полости: длина – 5 см, ширина – 0,9 см и высота – 0,9 см. Отверждение композиций осуществлялось в течение 48 ч при

температуре (293 ± 2) К. Полученные композиции подвергались следующим испытаниям: усадка, плотность, твердость, прочность при статическом изгибе, прочность при сжатии, ударная вязкость, адгезионная прочность при нормальном отрыве. Испытания проводились в соответствии с действующими ГОСТами.

Результаты исследований представлены в табл. 6, 7.

Таблица 6

Результаты исследований

Композиция	Содержание наполнителя, % об.	Удельный вес композиции, г/см ³	Твердость, МПа	Усадка, %
Железоэпоксидная	80	2,6	48,6	0,3
	85	2,7	66,9	
	90	2,9	89,2	
	95	3,0	133,8	
Алюминиево-эпоксидная	80	0,9	22,10	0,15
	85	1,0	25,47	
	90	1,1	31,22	
	95	1,2	38,60	
Цинково-эпоксидная	80	2,0	50,35	0,28
	85	2,1	55,71	
	90	2,2	62,54	
	95	2,3	76,44	
Медноэпоксидная	80	1,3	31,95	0,17
	85	1,4	39,53	
	90	1,5	47,42	
	95	1,6	55,86	
Бронзово-эпоксидная	80	3,2	54,23	0,20
	85	3,3	67,44	
	90	3,5	88,37	
	95	3,6	107,1	

Таблица 7

Результаты исследований

Композиция	Содержание наполнителя, % об.	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа	Ударная вязкость, кДж/м ²
Железо-эпоксидная	80	61,32	136,14	8,34
	85	63,27	137,12	8,31
	90	64,50	137,90	8,63
	95	66,15	138,21	8,70
Алюминиево-эпоксидная	80	26,14	61,10	3,50
	85	28,18	62,84	3,74
	90	30,60	63,27	3,82
	95	32,81	64,70	4,0
Цинково-эпоксидная	80	90,01	132,22	9,65
	85	93,45	134,89	9,79
	90	96,20	136,25	10,12
	95	97,72	138,72	10,27
Медноэпоксидная	80	34,13	64,20	4,0
	85	36,29	66,57	4,10
	90	38,14	69,34	4,21
	95	40,47	71,10	4,30
Бронзово-эпоксидная	80	56,70	128,95	12,51
	85	58,40	130,31	12,64
	90	60,90	132,11	12,81
	95	62,24	134,17	12,97

Адгезия металлоэпоксидных композиций к стали

Композиция	Адгезия к жести, МПа
Железоэпоксидная	8,7
Бронзовоэпоксидная	7,6
Цинковоэпоксидная	8,4
Медноэпоксидная	4,0
Алюминиевоэпоксидная	2,5

Как следует из приведенных результатов, на механические свойства полученных материалов влияет природа порошкового наполнителя и его гранулометрический состав.

По результатам исследований прочность при статическом изгибе композиций уменьшается в ряду: цинковоэпоксидная, железоэпоксидная, бронзовоэпоксидная, медноэпоксидная и алюминиевоэпоксидная композиция.

Прочность при сжатии уменьшается в ряду: железоэпоксидная, цинковоэпоксидная, бронзовоэпоксидная, медноэпоксидная и алюминиевоэпоксидная композиция.

Ударная вязкость уменьшается в ряду: бронзовоэпоксидная, цинковоэпоксидная, железоэпоксидная, медноэпоксидная и алюминиевоэпоксидная композиция.

Твердость уменьшается в ряду: железоэпоксидная, бронзовоэпоксидная, цинковоэпоксидная, медноэпоксидная и алюминиевоэпоксидная композиция. С увеличением процентного содержания наполнителя в любой из исследованных композиций величина всех прочностных показателей растет.

Полученные результаты находятся в корреляции с атомными объемами металлов. Композиции, в которых в качестве наполнителей выступают железный и цинковый порошок с малыми атомными объемами, проявляют более высокие прочностные показатели, а компо-

зиции с медным и алюминиевым порошком – существенно ниже.

Для изучаемых материалов, учитывая их возможное использование при ремонте машин и оборудования, важной характеристикой являются адгезионные свойства. Результаты по исследованию адгезии представлены в табл. 8.

Обнаружена исключительно хорошая адгезионная способность железоэпоксидных и цинковоэпоксидных композиций.

Заключение. Проведенные исследования показали, что хорошие физико-механические характеристики, отличная адгезионная способность и низкая усадка позволяют использовать полученные композиционные материалы на основе эпоксидной смолы с содержанием металлического порошка 80–95% об. для различного целевого назначения.

Литература

1. Вадас, Э. Изготовление и ремонт деталей машин с пластмассовым покрытием / Э. Вадас. – М.: Машиностроение, 1986. – 230 с.
2. Полимеры в узлах трения машин и приборов / под ред. А. В. Чичнадзе. – М.: Машиностроение, 1988. – 234 с.
3. Гольберг, Б. Т. Ремонт промышленного оборудования / Б. Т. Гольберг, Г. Д. Пекелис. – М.: Высшая школа, 1988. – 135 с.