

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Скаскевич А.А., Воронцов А.С., Горбацевич Г.Н., Струк В.А., Кравченко В.И.
(Совместная НИЛ “Унилак” УО ГрГУ имени Янки Купалы и ОАО “Лакокраска”, ОАО
“Белкард”, г. Гродно, г. Лида, Республика Беларусь)

The influence of organic and inorganic particles of various structure and technologies of reception on the characteristics of functional coverings formed by solution of technology is investigated. The compositions ensuring protection of products from mechanochemical wear process are optimized.

Введение. Защитные покрытия на основе полимерных связующих различного состава в машиностроении используют для предотвращения или снижения интенсивности разрушения деталей и узлов машин, механизмов и технологического оборудования, подвергающихся воздействию эксплуатационных факторов. Функциональное назначение и эффективность действия покрытия обусловлены определенным сочетанием компонентов, включающих высокомолекулярную основу, антиоксиданты, пигменты, наполнители и др. Принципиальными подходами к технологическим процессам нанесения покрытий является применение растворителей или использование повышенных температур для обеспечения заданных реологических параметров полуфабриката, из которого формируют покрытие. Растворные технологии формирования защитных покрытий из лакокрасочных материалов (ЛКМ), несмотря на определенные недостатки, обусловленные необходимостью применения значительных количеств экологически небезопасных компонентов (растворителей, разбавителей и др.), широко применяют в машиностроении вследствие существенных преимуществ, состоящих в возможности нанесения покрытий, в т.ч. многослойных, на изделия больших геометрических размеров и сложной конфигурации, относительно низкой стоимости технологического оборудования, доступности компонентов. В ряде случаев традиционные ЛКМ, наносимые из растворов, не в полной мере удовлетворяют требованиям современного машиностроения, строительной индустрии и других отраслей народного хозяйства. В связи с этим, ЛКМ на основе алкидных, акриловых, полиэфирных, эпоксидных и др. пленкообразователей непрерывно совершенствуются с целью повышения комплекса их служебных характеристик: стойкости к воздействию эксплуатационных факторов, адгезионной прочности к подложкам различного состава и строения, снижения энергозатрат при формировании покрытий, повышении е износостойкости покрытий в т.ч. при абразивном воздействии и т.д. [1-4].

Эффективным методом повышения показателей алкидных покрытий является введение в состав композиции неорганических модификаторов. Важным аспектом подобного модифицирования является применение активных компонентов, оказывающих комплексное влияние на прочностные, адгезионные, триботехнические, реологические и др. характеристики. Неорганические модификаторы обычно получают двумя основными способами: измельчение природных пород или химическим осаждением из растворов и суспензий. Несмотря на большую номенклатуру применяемых неорганических наполнителей в производстве ЛКМ, существует проблема дальнейшего их совершенствования в части снижения стоимости, энергопотребления при производстве и применении, обеспечения синергического действия на служебные характеристики новых видов покрытий, соответствующих требованиям современного машиностроения, строительной индустрии, химической промышленности и др. отраслей аграрно-промышленного комплекса республики.

Особый интерес представляют наполнители, обладающие развитой сырьевой базой (природные вещества) и технологические отходы различных производств.

Цель настоящей работы состояла в разработке модификаторов для ЛКМ на алкидных смолах для повышения абразивостойкости покрытий на металлических и неметаллических субстратах, а также в исследовании потребительских характеристик покрытий, модифицированных неорганическими компонентами различного состава и технологии получения.

Основное содержание и материалы работы. Для исследований были выбраны композиционные материалы на основе промышленной алкидной эмали марки ПФ-266, выпускаемой ОАО «ЛАКОКРАСКА» согласно ТУ 6-10-822-84. Для модифицирования базового состава применяли дисперсные частицы полимерных материалов различного состава: сополимера этилена и винилацетата (СЭВА) марки 11306-075, полиамида 6 (ПА6) и полиэтилена низкого давления (ПЭНД), а также неорганические порошки кальций- и кремнийсодержащих материалов (обозначение ГСО, ГСФ) и природные силикаты различной структуры (ПС). Порошки полимеров получали криогенным измельчением гранулированных полуфабрикатов с последующим фракционированием. Размер используемой фракции не превышал 50 мкм. Композиционные материалы были изготовлены на основе регламентируемой рецептуры (контрольный образец), в состав которой механическим перемешиванием вводили полимерный модификатор.

В качестве модификатора сравнения применяли промышленный продукт – портландцемент (обозначение Ц). Дисперсность модификаторов не превышала 50 мкм, содержание в композиции – до 5 мас.%. Компоненты ЛКМ перемешивали с базовой эмалью ПФ-266 с помощью лабораторного смесителя пропеллерного типа.

Показатели служебных характеристик определяли в соответствии с ГОСТами. Покрытие наносили на металлические (сталь 08кп) и стеклянные подложки методами налива, окунания или пневматического распыления. Толщина покрытия составляла не менее 25-30 мкм. Сушку покрытий перед испытанием проводили на воздухе при температуре 293К в течение 24 час. Показатели цвета, внешнего вида покрытия, стойкости к воздействию моющих средств, укрывистости, блеска определяли по общепринятым методикам. Стойкость покрытия к изнашиванию оценивали по уменьшению массы (толщины) после воздействия определенного количества абразива (250 кг кварцевого песка). Износостойкость различных покрытий в сухом и влажном состоянии определяли на специальной лабораторной установке, имитирующей воздействие изнашивающих факторов на дорожную разметку. В качестве базы для сравнения использовали промышленные продукты ПФ-266 (производства ОАО «Лакокраска») и АК-511.

Сравнительные результаты исследований ЛКМ на основе алкидной эмали ПФ-266, модифицированной полимерными термопластичными компонентами, представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1. Характеристики композиционных покрытий на основе алкидной эмали ПФ-266, модифицированной порошком СЭВА

№	Наименование показателей	Требования ТУ	Контр. образец	Концентрация наполнителя					
				0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
1	Условная вязкость по ВЗ-246 с О сопла 4мм при $t = (20 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$, с	70-90	75	70	75	74	75	73	75

ë

Продолжение таблицы 1

2	Укрывистость невысушенной пленки г/м ² , не более	110	92,59	61,0 6	79,6	77,7 8	81,4 8	92,5 9	97,2
3	Блеск пленки, % не менее -ч/з 3 дня -ч/з 7 дней	57 - -	62 61 55	56 56 53	52 51 48	42 41,5 41	40 39 38	36 33 31,5	30 28 28
4	Твердость пленки по маятниковому прибору М-3 -ч/з 3 дня: от. ед., не менее усл. ед., не менее -ч/з 7 дней: от. ед., не менее усл. ед., не менее	0,13 - 	0,19 0,48 0,28 0,63	0,13 0,39 0,25 0,66	0,31 0,62 0,37 0,67	0,15 0,45 0,29 0,66	0,20 0,58 0,28 0,58	0,20 0,53 0,31 0,59	0,25 0,49 0,31 0,58
5	Стойкость пленки к воздействию ПАВ при t = 40°C, мин, не менее	10	10	10	10	10	10	10	10
6	Потеря массы покрытия после испытания на истираемость под воздействием 250 кг песка, мкм		0,0037	0,003 2	0,001 3	0,002 1	0,002 8	0,001	0,001 1

Таблица 2. Характеристики композиционных покрытий на основе алкидной эмали ПФ-266, модифицированной порошком ПЭНД

№	Наименование показателей	Требования ТУ	Контр образец	Концентрация наполнителя					
				0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
1	Условная вязкость по ВЗ-246 с О сопла 4мм при t=(20±0,5) ⁰ С, с	70-90	75	74	76	70	75	74	75
2	Укрывистость невысушенной пленки, г/м ² , не более	110	92,59	87,96	62,96	66,67	70,37	73,14	76,85
3	Блеск пленки, % не менее -ч/з 3 дня -ч/з 7 дней	57 - -	62 61 55	59 59 57,5	54 51 50	41,5 39 37	45 42 42	45 45 45	46,5 46 45
4	Твердость пленки по маятниковому прибору -ч/з 3 дня: от. ед., не менее усл. ед., не менее -ч/з 7 дней: от. ед., не менее усл. ед., не менее	0,13 	0,19 0,48 0,28 0,63	0,19 0,46 0,30 0,56	0,31 0,58 0,35 0,58	0,19 0,44 0,22 0,37	0,19 0,39 0,29 0,40	0,29 0,44 0,29 0,51	0,23 0,43 0,28 0,56
5	Стойкость пленки к воздействию ПАВ при t = 40°C, мин, не менее	10	10	10	10	10	10	10	10
6	Потеря массы покрытия после испытания на истираемость под воздействием 250 кг песка, мкм		0,0037	0,005	0,0023	0,002	0,0012	0,0013	0,0044

Таблица 3. Характеристики композиционных покрытий на основе алкидной эмали ПФ-266, модифицированной порошком ПА 6

№	Наименование показателей	Требования ТУ	Контр образец	Концентрация наполнителя					
				0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
1	Условная вязкость по ВЗ-246 с О сопла 4мм при $t=(20\pm 0,5)^{\circ}\text{C}$, с	70-90	75	75	73	74	73	73	75
2	Укрывистость невысушенной пленки, $\text{г}/\text{м}^2$, не более	110	92,59	93,5	86,1 1	60,1 8	61	60	75
3	Блеск пленки, % не менее	57	62	56	56.5	53	47	48	43
	-ч/з 3дня	-	61	56	56.5	53	47	46	42
	-ч/з 7 дней	-	55	55	56	51.5	45	46	41
4	Твердость пленки по маятниковому прибору М-3	0.13	0,19	0,26	0,15	0,25	0,24	0,26	0,24
	-ч/з 3 дня:								
	от. ед., не менее								
	усл. ед., не менее								
-ч/з 7 дней:	0,28	0,39	0,30	0,27	0,28	0,21	0,37		
от. ед., не менее	0,63	0,64	0,57	0,43	0,43	0,45	0,61		
усл. ед., не менее									
5	Стойкость пленки к воздействию моющего средства при $t = 40^{\circ}\text{C}$, мин, не менее	10	10	10	10	10	10	10	10
6	Потеря массы покрытия после испытания на истираемость под воздействием 250 кг песка, мкм		0,0037	0,0064	0,0015	0,0005	0,0012	0,0003	0,0007

Исследования показывают, что введение термопластичных порошков в состав алкидной эмали позволяет сохранить требуемые согласно технической документации показатели покрытий: внешний вид, укрывистость, стойкость к воздействию моющего средства при одновременном существенном увеличении показателей твердости и стойкости к абразивному изнашиванию. Например, показатель твердости пленки по маятниковому прибору МЭ увеличивается с 0,13 для исходного состава до 0,15-0,31 при модифицировании СЭВА, с 0,19 до 0,31 – при модифицировании ПЭНД и с 0,15 до 0,26 – при модифицировании ПА 6. Абразивостойкость композиционных покрытий увеличивается более чем в 1,5-5,0 раз в зависимости от содержания и состава полимерного модификатора. Необходимо отметить немонотонный характер зависимости показателя стойкости к абразивному изнашиванию от содержания полимерного модификатора, что может быть обусловлено различием полимерных

модификаторов к воздействию растворителей и изменением прочности адгезионного взаимодействия на границе раздела «полимерная матрица-полимерный наполнитель».

Исследования потребительских характеристик композиционных материалов на основе эмали ПФ-266, модифицированной неорганическими компонентами марок ГФС, ГСО и ПС, свидетельствуют о сохранении показателей внешнего вида, стойкости к воздействию моющего средства в пределах норм, оговоренных ТУ 6-10-822-84. Показатель качества поверхностного слоя (блеск пленки,%) до содержания модификатора 1-2 мас.% сохраняется, а при превышении содержания свыше 3мас.% снижается для всех использованных модификаторов (рис. 1). Вероятно, это обусловлено агрегацией низкоразмерных частиц модификатора с образованием фрагментов с размерами, соизмеримыми с толщиной покрытия.

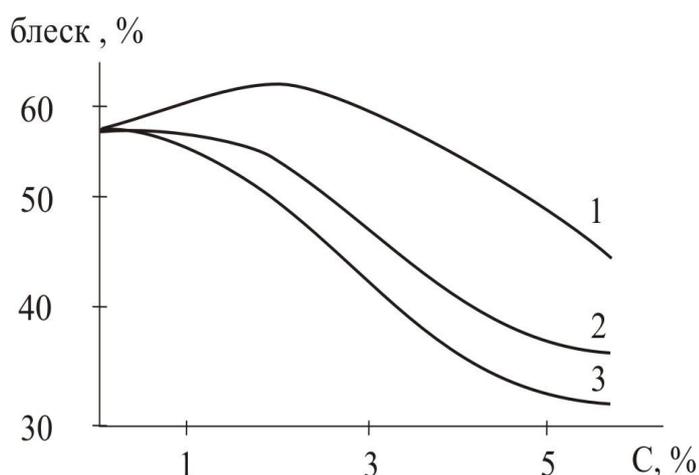


Рис. 1. Зависимость блеска пленки композиционного материала на основе эмали ПФ-266 от содержания модификатора ГФС (1), ГСО (2), ПС (3).

Введенные неорганические модификаторы существенно изменяют реологические характеристики композиционных материалов, определенные по вискозиметру ВЗ-3 (рис. 2). Загущающий эффект характерен для всех использованных модификаторов при превышении содержания 2-3 мас.%.

Эффект загущения эмалей с неорганическим модификатором обусловлен адсорбционными процессами на высокодисперсных частицах, обладающих высокой активностью. Кроме того, возможно структурирование алкидной основы вследствие формирования физических сшивок под действием нескомпенсированного заряда частицы. Подробный эффект характерен для расплавов термопластов, модифицированных зарядовыми кластерами углеродсодержащих продуктов детонационного синтеза [5] – цеолитов [6], слоистых силикатов и др. силикатов природного происхождения [7].

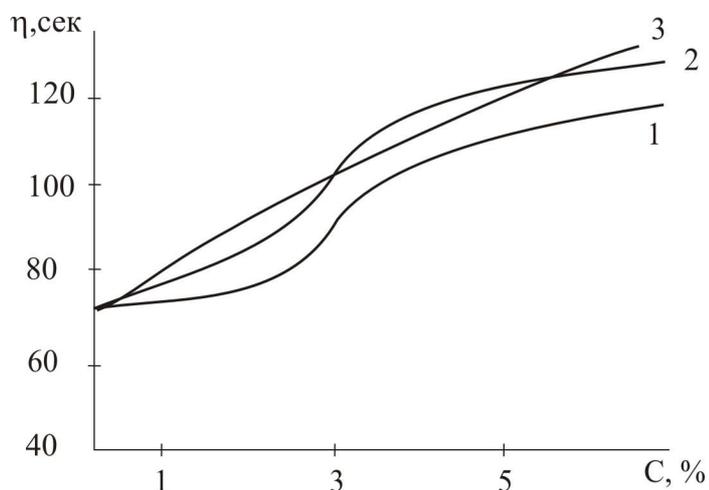


Рис. 2. Зависимость условной вязкости (η) композиционного материала на основе алкидной эмали ПФ-266 от содержания (C) модификатора: ГСФ (1), ГСО (2), ПС (3).

Структурирующее действие низкоразмерных неорганических частиц оказывает благоприятное влияние на стойкость пленки к абразивному изнашиванию. В области низких концентраций наблюдается существенное увеличение износостойкости (рис. 3), которое не может быть объяснено механическим упрочнением композита при введении допинговых добавок модификатора. При повышенном содержании модификаторов всех марок происходит аддитивное увеличение износостойкости, обусловленное созданием механических препятствий истирающему воздействию абразива.

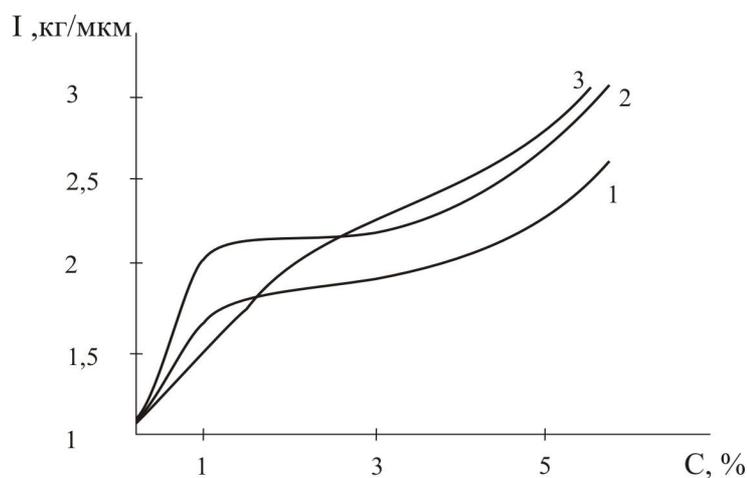


Рис. 3. Зависимость интенсивности изнашивания (I) покрытий из композиционных материалов на основе алкидной эмали ПФ-266, от содержания (C) модификатора: ГСФ (1), ГСО (2), ПС (3).

Повышение стойкости к абразивному изнашиванию характерно и для покрытий на основе эмали АК-511, применяемой для разметки дорог. Испытания, проведенные по схеме «диск-плоскость» при трении обрезиненного диска по покрытию в присутствии абразива (песок фракции 0,05÷0,63 мм) и воды, свидетельствуют о существенном повышении износостойкости при введении неорганических модификаторов (рис. 4).

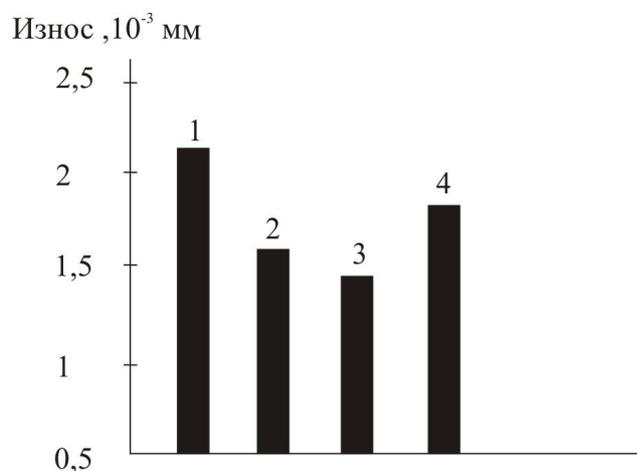


Рис. 4. Износостойкость покрытий на основе эмали АК-511 исходной (1) и модифицированной ГСФ (2), ГСО (3), ПС (4). Содержание модификатора 2,0 мас. %.

Заключение. Таким образом, модифицирование промышленных алкидных эмалей допинговыми добавками низкоразмерных частиц различного состава в активном состоянии позволяет повысить комплекс показателей потребительских характеристик, прежде всего, стойкости к воздействию абразивных сред. Учитывая, что использованные модификаторы представляют собой доступные полимерные компоненты, а также технологические отходы различных производств, подвергнутые специальной активационной обработке, их стоимость не оказывает существенного влияния на повышение стоимости готовой эмали. Невысокое содержание модификатора, обеспечивающее оптимальное сочетание служебных характеристик защитных покрытий, позволяет использовать традиционную технологию для обработки рабочих поверхностей деталей машин и механизмов, дорожных и производственных покрытий. На основании проведенных исследований разработана износостойкая марка алкидной эмали ПФ-266И и выпущена ее опытная партия для проведения натуральных испытаний. Осуществлена подготовка производства для промышленного выпуска эмалей повышенной износостойкости для применения в машиностроении.

Список литературы: 1. Л.И. Гапанович. О природе сил, управляющих образованием мономерных и полимерных органических соединений (В порядке обсуждения реакций «ионного типа»). //Весті акадэміі навук Беларусі, № 2. -1997, сер. фіз-тэхн. навукі. -С. 3-21. 2. П.И. Ермолов, Е.А. Индейкин, И.А. Толмачев. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. Л.: Химия. -1987. - 432 с. 3. Г.Ф. Пэйн. Технология органических покрытий. Т.2. Государственное научно-техническое издательство химической литературы. Л.: Химия. -1963. -512 с. 4. В.И. Зубов, Л.А. Сухарева. Структура и свойства полимерных покрытий. М.: -1982. -340 с. 5. Скаскевич А.А. Структура и технология малонаполненных машиностроительных материалов на основе конструкционных термопластов, модифицированных углеродными нанокластерами: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Минск, 2000. 6. Охлопкова А.А. Физико-химические принципы создания триботехнических материалов на основе полимеров и ультрадисперсных керамик: Дисс. ... докт. техн. наук. –Якутск, 2000. – 269 с. 7. Особенности модифицирующего действия природных силикатов в полимерных композитах //Авдейчик С.В., Овчинников Е.В., Лиопо В.А. и др. //Горная механика, № 1-2, - 2004, - С. 35-44.

Сдано в редакцию 30.01.07