

МОДИФИЦИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИКАПРОАМИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОЛИЭПОКСИДАМИ

Н.В. Грудина

*УО «Гомельский государственный
технический университет им. П.О. Сухого»;*

И.Л. Копаев

*ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого
НАН Беларуси», Минск*

Введение. Современному машиностроению необходимы полимерные материалы, обладающие высокой износостойкостью. В машиностроении широко применяют композиционные покрытия и композиции различного функционального назначения, разработанные на основе поликапроамида. Такие покрытия обеспечивают эффективную защиту конструкций и узлов машин и механизмов от воздействия неблагоприятных эксплуатационных факторов – агрессивных сред, трибохимических воздействий, коррозионно-механического изнашивания, атмосферных явлений. Основным недостатком покрытий из ПА-6 является то, что адгезия при эксплуатации во влажных средах нестабильна – быстро снижается вплоть до нулевых значений, что объясняется гидролитической деструкцией граничного слоя полимера под влиянием адсорбированной влаги. Это отрицательно сказывается на долговечности адгезионной прочности покрытий. Для обеспечения возможности направленно регулировать свойства покрытий на основе ПА-6 необходим круг исследований по выбору эффективных модификаторов и наполнителей, установлению взаимного влияния природы компонентов, их соотношения на адгезионную прочность формируемых покрытий и уменьшающих влагопоглощение. Известны различные варианты грунтовочных и композиционных составов, в той, или иной степени решающие указанную проблему [1 – 4].

Цель работы – исследование влияния на адгезионные и антифрикционные свойства покрытий, получаемых из дисперсного полиамида, композиций на его основе, порошковых эпоксидных материалов, вводимых в качестве дополнительного компонента композиций.

Методика исследований. Для приготовления композиций использовали полиамид ПА-6 марки 210/310 (ТУ 6-05-988-78) в дисперсном виде, полученном криогенным измельчением гранулированного материала. В качестве полимерных модификаторов использовали компаунды (порошко-

вые краски): П-ЭП-177 (ТУ 6-10-1575-76), П-ЭП-219 (ТУ 6-10-1597-77) и П-ЭП-534 (ТУ 6-10-189-83), различающиеся рецептурой входящих в них компонентов и назначением (табл. 1), и порошкообразный полиэтилен низкого давления – ПЭНД марки 20906-040 (ГОСТ 16338-87).

Выбор компонентов композиций обусловлен, с одной стороны, широким спектром применения изделий и покрытий из полиамида, с другой – возможностью направленного регулирования и обеспечения устойчивости адгезионной прочности формируемых покрытий при эксплуатации в водных средах и при повышенных температурах.

Композиционные составы готовили дозированием компонентов по массе и смешением в шаровой мельнице, снабженной фарфоровыми шарами, в течение 30 мин. После приготовления композиций составы просушивали при 80 – 90 °С в течение двух часов.

Таблица 1

Свойства покрытий из порошковых эпоксидных составов

Показатели	П-ЭП-177	П-ЭП-219	П-ЭП-534
Температура формирования, T, °С	200	200	230
Время отверждения, мин	30 – 60	30 – 60	10 – 30
Гибкость покрытия, мм, не более	30	5	10
Ударная прочность, Н·м, не менее	3,5	44	5
Адгезионная прочность (к стали), Н/м	400	450	450

Образцы покрытий получали методом спекания контролируемого слоя композиции, насыпанного по трафарету на стальную фольгу (Ст 8кп), в термошкафу при температурах 230 – 250 °С в течение 5 – 20 мин. Двухслойные покрытия формировали последовательным нанесением композиций разного состава на субстрат с промежуточной термообработкой при минимальной выдержке образцов в термошкафу во избежание полного отверждения эпоксидного компонента. После нанесения второго слоя образцы термообрабатывались в течение 15 – 20 мин.

Адгезионную прочность покрытий к стали оценивали методом отслаивания по известной методике [5, 6] на разрывной машине РМУ-0,05 при скорости 50 мм/мин. Для ускоренной оценки устойчивости покрытий при эксплуатации во влажных средах образцы подвергались кипячению в воде.

Антифрикционные свойства (коэффициент трения, температура в зоне трения, нагрузочная способность) образцов оценивали на машине трения Смц-2 по схеме испытаний вал – частичный вкладыш при скорости трения – 0,5 м/с. Испытания проводили без подвода смазки в зону трения и со смазкой маслом индустриальным марки И-40 и консистентной смазкой марки «Литол-24».

Результаты исследований и их обсуждение. Экспериментальные данные по оценке адгезионной прочности к стали композиций на основе дисперсного полиамида показаны на рис. 1.

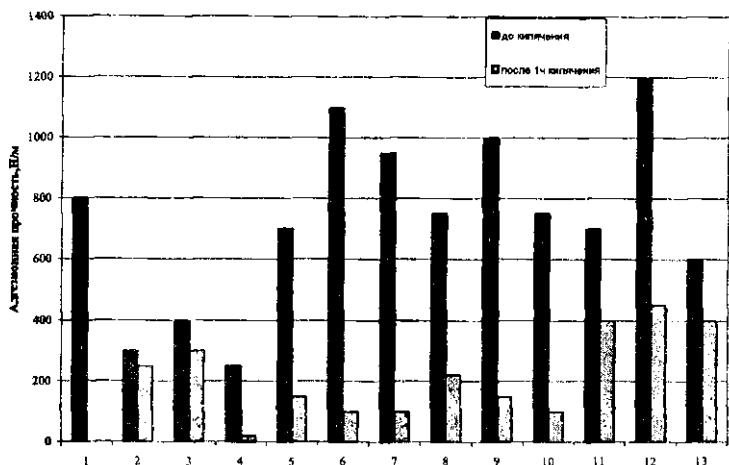


Рис. 1. Адгезионная прочность покрытий:

1 – ПА-6; 2 – П-ЭП-219; 3 – П-ЭП-177; 4 – П-ЭП-534; 5 – композиция ПА(90 %) + П-ЭП-219 (10 %); 6 – композиция ПА (90 %) + П-ЭП-177 (10 %), 7 – композиция ПА (90 %) + П-ЭП-534 (10 %); 8 – композиция ПА (50 %) + П-ЭП-219 (50 %); 9 – композиция ПА (50 %) + П-ЭП-177 (50 %); 10 – композиция ПА (50 %) + П-ЭП-534 (50 %); 11 – 13 – двухслойные покрытия: 11 – с П-ЭП-219; 12 – с П-ЭП-177; 13 – с П-ЭП-534

Видно, что использованные в экспериментах эпоксидные порошковые компаунды, введенные в состав дисперсного ПА-6, оказывают комплексное модифицирующее действие на свойства формируемых покрытий. Это влияние менее выражено для композиции с П-ЭП-534, однако четко проявляется для композиций с П-ЭП-219 и П-ЭП-177. Полученные покрытия обладают повышенной (на 30 – 40 %) адгезионной прочностью по сравнению с исходным ненаполненным ПА, которая незначительно снижается при кипячении в воде в течение 1 ч. Основной причиной повышения адгезионных свойств модифицированного ПА, вероятно, является существование поверхностей, отличающихся химической природой, и потенциальная возможность химического взаимодействия во время формирования покрытий, что может изменить структуру последних и, следовательно, физико-механические свойства [7]. Однако сохранить адгезионную прочность после 2 ч кипячения в воде не удается – покрытия самоотслаиваются.

Испытаны варианты комбинированных покрытий, наносимых в два слоя: первый слой (грунтовочный) содержит модификатор, оптимизированный по критерию стабилизации адгезионных свойств, второй – по критерию обеспечения максимальной работоспособности с учетом условий эксплуатации. Наибольшей величиной адгезионной прочности обладают покрытия с П-ЭП-219, которая незначительно снижается после кипячения в воде.

Аналогичное модифицирующее действие оказывают полиэпоксиды на композицию ПА-6 с полиэтиленом низкого давления, которая является основой ряда составов, предназначенных для получения антифрикционных покрытий и материалов, работающих без внешнего подвода смазок. Введение в состав таких композиций эпоксидного компаунда П-ЭП-534 привело, кроме стабилизации адгезии и уменьшения влагопоглощения, к существенному снижению коэффициента трения покрытий при испытании без смазки по стальному ролику и некоторому увеличению нагрузочной способности образцов. Во-первых, коэффициент трения при испытаниях покрытий без внешнего подвода смазки уменьшается от трех до шести раз (табл. 2). Во-вторых, покрытия показывают хорошую работоспособность при трении с различными смазками и высокую нагрузочную способность.

Наблюдаемые закономерности, очевидно, связаны с эффектом структурирования полимерных компонентов эпоксидным компаундом в процессе переработки композиций, что приводит к уплотнению, упрочнению и повышению термической устойчивости формируемого материала.

Таблица 2

Свойства антифрикционных покрытий

№ примера	Условия испытания	Коэффициент трения при нагрузках, кг/см ²						
		20	40	60	80	100	120	140
ПА + ПЭНД + фосфогилс	без смазки	0,18	0,12	0,095	0,097	0,1	0,084	0,084
	И-40	—	—	—	—	—	—	—
	литол-24	—	—	—	—	—	—	—
ПА + ПЭНД + фосфогилс + ПЭП-534 (6%)	без смазки	0,03	0,041	0,032	0,025	0,02	—	—
	И-40	0,023	0,027	0,015	0,01	0,017	0,013	0,017
	литол-24	0,012	0,025	0,02	0,01	0,02	0,014	0,013
ПА + ПЭНД + фосфогилс + ПЭП-534 (7%) ⁶	без смазки	0,025	0,043	0,027	0,02	0,015	0,023	0,022
	И-40	0,013	0,007	0,009	0,007	0,015	0,03	0,026
	литол-24	0,005	0,004	0,005	0,004	0,005	0,01	0,009
ПА + ПЭНД + фосфогилс + ПЭП-534 (5%) ⁷	без смазки	0,056	0,055	0,11	0,08	—	—	—
	И-40	0,04	0,039	0,045	0,052	0,051	—	—
	литол-24	0,034	0,037	0,045	0,075	0,04	0,047	—

Кроме того, эпоксидный компаунд придает дополнительную полярность композиционному материалу, что улучшает смачивание поверхностей маслами, которые образуют на поверхностях трения тонкие прочные граничные пленки смазок. Покрытия показали лучшую работоспособность при трении в условиях смазывания различными маслами.

Выводы. Полученные результаты наглядно свидетельствуют о целесообразности применения в качестве модификаторов полиамидов эпоксидных компаундов в виде порошковых материалов (порошковых красок), широко используемых в технологии защитных покрытий, что позволяет получать материал с низкими значениями коэффициентов трения при работе как без смазки, так и со смазкой различными маслами.

Литература

1. Белый, В.А. Полимерные покрытия / В.А. Белый [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1976. – 416 с.
2. Яковлев, А.Д. Порошковые полимерные материалы и покрытия на их основе / А.Д. Яковлев, В.Ф. Здор, В.И. Каплан. – Л.: Химия, 1979. – 256 с.
3. Авт. свидетельство СССР: С 08 L 77/00. – № 611443. – 1978.
4. Патент РБ: С 08 L 77/00. – № 4726 – 1998.
5. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
6. Яковлев, А.Д. Порошковые краски / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1987. – 216 с.
7. Липатов, Ю.С. Физическая химия наоленированных полимеров / Ю.С. Липатов. – М., Химия, 1977. – 304 с.

УДК 620.22:620.17

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Р.Г. Шаповалов, Т.А. Рыбинская

Технологический институт Южного федерального университета, Таганрог

Чистые металлы редко применяются для изготовления изделий, но широко используются при производстве электронной аппаратуры, биомедицинской техники. Многие металлы обладают способностью к взаимному растворению и образованию соединений различного типа, что позволяет получать большое число сплавов. Сплавы обладают большим разнообразием физических, механических, технологических свойств, существенно превосходящих свойства чистых металлов [1].