

В.А. Струк, д-р техн. наук, проф. ;
А.С. Антонов, канд. техн. наук, доц. ;
А.Н. Лесун, асп. (ГрГУ им. Янки Купалы, г. Гродно);
Н.Р. Прокопчук, д-р хим. наук, член-корр. НАН Беларуси, проф. ;
К.В. Вишневецкий, канд. техн. наук, доц. (БГТУ, г. Минск)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АДГЕЗИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Слоистые металлополимерные изделия, содержащие полимерный наружный слой и металлическую подложку, находят широкое применение в практике производства металлополимерных изделий широкого функционального назначения. В процессе изготовления металлополимерных изделий одним из важнейших вопросов является обеспечение необходимого уровня прочностных характеристик между полимерным слоем и металлической подложкой [1]. Для увеличения прочности связи между полимерным слоем и металлическим субстратом используют различные технологии и методы: нанесение специальных промежуточных слоев на поверхность металлического субстрата для обеспечения необходимых параметров деформационно-прочностных характеристик на границе раздела «полиамидный слой – металлический субстрат».

Известны решения по повышению прочности адгезионного взаимодействия на границе раздела «полиамидное покрытие – субстрат», состоящие в нанесении на поверхностный слой металлического субстрата адгезионного слоя с повышенной способностью к взаимодействию с полимерным слоем с образованием различных связей – физических, физико-химических и химических [1–5].

Наиболее широко в качестве адгезионного слоя для повышения значений параметров адгезионной прочности покрытий из полиамидов к металлическим подложкам применяют адгезионный слой, формируемый из полиамидсодержащего соединения (60 мас. %), этилцеллюлозольва (10 мас. %) и воды дистиллированной (30 мас. %) [6]. Этот адгезионный слой, известный как «Primgreen», используют для нанесения покрытий на основе полиамида 11 на поверхность изделия из стали X18H10T или ее аналога при формировании многофункциональных слоев на рабочих поверхностях карданных валов, в частности, на поверхностях шлицевого соединения карданного вала грузового автомобиля [1, 7].

К числу недостатков данного элемента следует отнести возможность его применения к получению покрытий на основе относительно

легкоплавких полиамидов – полиамида 11 («Rilsan»), обладающих повышенными ценовыми характеристиками. Кроме того, наличие в составе полиамидной смолы («Primgreen») не обеспечивает необходимой величины адгезионной прочности покрытий на основе высокоплавких полиамидов, например, полиамида 6 (ПА6), полиамида 6.6 (ПА6.6), нашедших применение в практике. Вследствие этого отсутствует возможность обеспечения высокой адгезионной прочности полиамидных покрытий на основе полуфабрикатов отечественного производства.

Была поставлена задача разработки адгезионного элемента, выполняющего роль промежуточного слоя для адгезионных покрытий на основе отечественных полиамидов, на базе продуктов, производимых в республике.

Решение задачи достигается тем, что в адгезионном слое в качестве функциональной смолы используют полиамидную смолу на основе аминокислот смоляных кислот канифоли в количестве 30–60 мас. % и дополнительно в состав адгезионного слоя вводят наноразмерные частицы, выбранные из группы: ультрадисперсный углерод, ультрадисперсный алмаз, ультрадисперсный алмазографит, ультрадисперсная целлюлоза, диэтиламиноцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза при содержании 0,01–1,0 мас. %.

Использование в качестве основы адгезионного слоя полиамидной смолы на основе аминокислот смоляных кислот позволяет в условиях проводимой термообработки получить слой с повышенным содержанием оксидных соединений, являющихся результатом термоокислительной деструкции и обеспечивающих активное взаимодействие полярных групп полиамидов (ПА6, ПА6.6, ПА11) с образованием прочного адгезионного соединения на границе раздела «полиамидное покрытие – адгезионный слой». Наличие в составе полиамидной смолы аминокислот смоляных кислот, диэтилентриамин и адипиновой кислоты обеспечивают не только достаточно высокие параметры деформационно-прочностных характеристик, но и способность к образованию оксидных соединений, активных во взаимодействии с полимерными группами полиамидов – NHCO, обеспечивающими высокие показатели деформационно-прочностных и адгезионных характеристик покрытий.

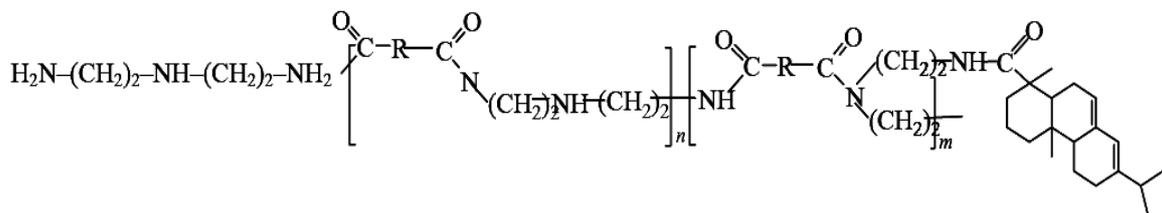
При введении в состав смолы наноразмерных продуктов: ультрадисперсного углерода, продуктов детонационного синтеза углеродсодержащих продуктов УДА, УДАГ, ультрадисперсной целлюлозы, диэтиламиноцеллюлозы, карбоксиметилцеллюлозы в количестве 0,01–1,0 мас. % обеспечивается гомогенность получаемого состава,

возможность его применения в качестве адгезионного слоя путем нанесения на поверхность металлического субстрата. При температурах термической обработки в диапазоне температур 280–320 °С обеспечивается процесс окисления полиамидной смолы и образование активных фрагментов оксидных соединений, обеспечивающих адгезионное взаимодействие на границе раздела «полиамидное покрытие – адгезионный слой».

Наноразмерные модификаторы под действием температуры формируют структуру с выраженным нанорельефом, благодаря чему, увеличивается сила адгезионного взаимодействия на границе раздела. При этом в зависимости от состава наноразмерные частицы активируются и приобретают повышенную адгезионную активность.

Для реализации предложенного технологического решения использовали следующие компоненты. В качестве полиамидной смолы использовали продукт светло-коричневого цвета, выпускаемый ООО «ПромХимТехнологии» по ТУ ВУ 1526670.005-2018.

Продукт имеет долю сухих веществ в количестве 10–12 %, динамическую вязкость при 25 °С не менее 10 сР, кислотное число абсолютно сухого вещества – не более 40 мг·КОН/г. Данный продукт представляет собой полиамидную смолу с формулой:



Применение полиамидной смолы в виде водного раствора позволяет наносить адгезионные слои нужной толщины на поверхность металлического субстрата. В состав водного раствора полиамидной смолы вводили необходимые количества наноразмерных частиц (0,01–0,1 мас. %) путем перемешивания до образования однородной суспензии. Полученный состав наносили на подготовленную поверхность металлического субстрата (очищенную от загрязнений и различных органических и неорганических соединений с применением, например, обработки гибкими металлическими элементами металлической фрезы). После нанесения адгезионный слой подсушивали на воздухе для удаления растворителя (воды) при температуре 30–80 °С в течение 10–20 мин. После этого металлическую подложку с нанесенным адгезионным слоем подвергали термоактивационной обработке при температуре 280–320 °С в течение 10–15 мин и извлекали для нанесения покрытия методом псевдооживленного слоя, используя

порошкообразную субстанцию полиамидов. Порошкообразная субстанция полиамидов представляет собой частицы с размером 80–120 мкм, полученные по технологии фирмы «ELF АТОСНЕМ» («Rilsan», ПА11), или дисперсную фракцию, с размером 80–180 мкм, полученную криогенным диспергированием гранулированных полуфабрикатов промышленных полиамидов (ПА6, ПА6.6), полученных на филиале «Завод Химволокно» ОАО «ГродноАзот».

Апробирование разработанных составов адгезивного слоя и прототипа осуществлено на производстве конструкций карданных валов со шлицевыми соединениями, покрытыми многофункциональным слоем на ОАО «Белкард», являющимся крупнейшим производителем карданных валов для автотранспортной и специальной техники.

Испытания показали высокую эффективность предложенного адгезивного слоя при нанесении многофункциональных покрытий на шлицевые соединения карданных валов. Запланировано расширенное использование разработки при изготовлении карданных валов грузовых автомобилей на ОАО «Белкард» с целью импортозамещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, В. И. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В. И. Кравченко, Г. А. Костюкович, В. А. Струк ; под ред. В. А. Струка. – Минск : Тэхналогія, 2006. – 410 с.
2. Modified polyolefin resin composition : pat. JP 2643388 / Y. Toyoshima, M. Okada, T. Fujii, K. Yamaguchi, M. Tsuji. – Publ. date 20.08.1997.
3. Modified polypropylenes - grafted with cis-unsatd alicyclic carboxylic acids for improved adhesion to inorganic fibres : pat. FR 2130278 / M. Komatsu, I. Baba, T. Mikami, K. Narukawa, T. Kanai. – Publ. date 03.11.1972.
4. Process for grafting diacid anhydrides : pat. US 4857600 / L. H. Gross, Th. M. Bartlett. – Publ. date 15.08.1989.
5. Об адгезионном взаимодействии со сталью полиэтилена с привитыми функциональными группами / С. С. Песецкий [и др.] // Доклады АН Беларуси. – 1995. – Т. 39, № 2. – С. 56–59.
6. Rilsan® Fine Powders. Surface Preparation & Primers [Electronic resource] // Arkema Global Website. – Mode of access: <https://hpp.arkema.com/en/product-families/rilsan-pa11/surface-preparation-and-primers/>. – Date of access: 07.07.2022.
7. Металлические поверхности с покрытием из полиамида : пат. RU 2258006 / А. Николя. – Оpubл. 10.08.2005.