

УДК 629.7.023.222

Н.Е. Малова¹, Э.К. Кондрашов¹, Н.П. Веренинова¹, А.А. Козлова¹**ТЕРМОСТОЙКАЯ АТМОСФЕРОСТОЙКАЯ ФТОРПОЛИУРЕТАНОВАЯ ЭМАЛЬ**

Приведены основные свойства атмосферостойкой фторполиуретановой эмали с термостойкостью 200°C. Представлены результаты аналитических исследований в этой области за рубежом.

Ключевые слова: лакокрасочные материалы, камуфлирующая эмаль, спектральные коэффициенты отражения (СКО), атмосферостойкость, термостойкость.

Basic properties of atmosphere resistant fluoride polyurethane enamel with heat resistance of 200°C are hereby provided. The results of analytical investigations in this field abroad are presented.

Keywords: paintwork materials, camouflage enamel, spectral reflectance (SRF), atmosphere resistance, heat resistance.

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

Введение

В России для окраски военной техники применяется целый ряд эмалевых покрытий: акриловые (АК-5178М, АК-5178Т), фторэпоксидные (ВЭ-46К), пентафталевые (ПФ-115М), нитроцеллюлозные (НЦ-1200М), алкидномеламиновые (МЛ-12М), перхлорвиниловые (ХВ-518М), которые имеют показатели атмосферостойкости не более 3–5 лет, а термостойкости – не более 120°C.

За рубежом для аналогичных целей и того же диапазона длин волн в последние годы запатентованы покрытия нового типа [1–4], но практическое применение в России нашли полиуретановые эмали марок НФА-132 и НФА-133 производства фирмы Akzo Nobel (Голландия), атмосферостойкость которых составляет 7–9 лет, а термостойкость: 120°C.

В соответствии со стратегическими направлениями развития материалов [5–7] атмосферостойкость лакокрасочных покрытий должна быть доведена до 20 лет.

Материалы и методы

Известно, что высокой стойкостью к термоокислительной и фотоокислительной деструкции [8] обладают растворимые сополимеры трифторхлорэтилена с винилиденфторидом и находят применение в рецептурах функциональных лакокрасочных материалов [9–13] наряду с другими галогенсодержащими полимерами [14–16].

В ВИАМ разработана опытно-промышленная технология изготовления фторполиуретановой эмали семи цветов на основе смесовых связующих. В качестве пигментной части используются специально разработанные смесовые неорганические пигменты с заданными оптическими характеристиками [17]. Термостойкость такой эмали 200°C, аналогов данной эмали нет.

Спектральные отражательные характеристики (СКО – спектральный коэффициент отражения) разработанной эмали определяли с помощью спектрофотометра.

Блеск определяли на фотоэлектрическом блескомере БФ5-45/0/45.

Декоративные свойства (изменение цвета ΔE) определяли на спектроколориметре «Спектротон-1».

Устойчивость к воздействию УФ-излучения и атмосферостойкость определяли с помощью аппарата искусственной погоды «Атлас».

Термостойкость при температуре 200°C определяли в сушильном шкафу СНОЛ-58/350, твердость к царапанию после испытаний к агрессивным средам – по твердомеру Клемана (ISO 1518), коррозионную стойкость покрытий – в камере солевого тумана (КСТ-35) по ГОСТ 9.308–85.

Атмосферостойкость исследовали в различных климатических зонах в условиях умеренного теплого климата (ГЦКИ, г. Геленджик) и промышленной зоны умеренного климата (МЦКИ, г. Москва).

Микробиологические исследования грибоустойчивости проводили в соответствии с ГОСТ 9.049–91.

Результаты

Исследованы стойкость данной эмали к воздействию УФ-излучения [17] и атмосферостойкость в аппарате искусственной погоды «Атлас» в течение 1000 ч и установлена не только высокая стабильность ее оптических свойств по сравнению с импортными эмалями Aerodur фирмы AkzoNobel, но и совпадение с заданными значениями СКО (минимальными и максимальными), что отсутствует у импортных эмалей.

Исследования термостойкости эмали при температуре 200°C в течение 100 ч показали, что

Сравнительные свойства эмалей

| Свойства эмалей | Значения свойств покрытий на основе | | |
|---|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| | термостойкой фторполиуретановой эмали | штатной эмали АК-5178М | эмали Aerodur (HFA-132) |
| Атмосферостойкость, годы | Не менее 20 | 3–5 | 7–9 |
| Температура эксплуатации, °С | 200 | 100 | 120 |
| Стойкость к действию агрессивных сред (топлив, масел, рабочих жидкостей) – твердость по ИСО 1518, г | 1300 | Не стойка | 1200 |
| Стойкость к УФ-излучению без изменения СКО систем ЛКП в диапазоне длин волн 0,4–1,1 мкм, ч | 1000 | – | 400 |
| Твердость по М-3, усл. ед. | 0,52–0,58 | 0,35 | – |
| Грибостойкость, балл | 0–2 | 3–4 | 3 |
| Блеск по блескомеру БФ5-45/0/45, ед. блеска | 0,8–1,3 | 10 | 3 |

блеск эмалевых покрытий в исходном состоянии и после испытаний на тепловой ресурс не изменился по сравнению с исходным, физико-механические свойства (прочность при ударе, адгезия) также остались на исходном уровне.

Испытания на термоциклирование по циклу ЛИ-14 (ММ 1.05-15-133–2002) в течение 10 циклов при температуре $-60\pm+200^{\circ}\text{C}$ показали, что оптические и декоративные свойства (блеск и цветовое различие ΔE) практически не изменились. Физико-механические свойства после испытаний остались на исходном уровне – прочность пленки при ударе 5/50 Дж/см; прочность пленки при изгибе 1 мм; адгезия (исходная и после выдержки в дистиллированной воде в течение 10 сут) соответствует 1 баллу.

Покрытие эмали обеспечивает стойкость ее к агрессивным средам: пресной и морской воде, топливу ТС-1, гидравлической жидкости 7-50С-3, маслу синтетическому ИПМ-10, маслу авиационному Б-3В. Это подтверждено испытаниями на твердость к царапанию (по твердомеру Клемана, ИСО 1518), которая составила в исходном состоянии и после испытаний соответственно по 1300 г, при этом внешний вид и цвет покрытия эмали после испытаний не изменились.

Термостойкая фторполиуретановая эмаль семи цветов является грибостойкой: для эмалей серо-зеленого и серо-коричневого цветов – балл 1–2, для эмалей остальных цветов – балл 0. Это подтверждено микробиологическими исследованиями грибостойкости в соответствии с ГОСТ 9.049–91 в течение 3 мес.

Испытания разработанного покрытия в различных климатических зонах (г. Геленджик, г. Москва) в течение 1,5 лет показали [18], что изменений оптических (СКО) и декоративных свойств (цветовое различие ΔE), а также адгезии к алюминиевым сплавам (ГОСТ 15140–78) не наблюдается.

Ускоренные коррозионные испытания эмали в камере солевого тумана (КСТ) в течение 150 сут показали высокую стойкость покрытия: внешний вид ЛКП остался без изменений (коррозионные поражения отсутствуют).

Основные характеристики эмали в сравнении с аналогами приведены в таблице.

Обсуждение и заключения

В ходе анализа научно-технической и патентной документации выявлены следующие тенденции развития объекта техники:

- расширение диапазона длин волн, в котором покрытие способно поглощать электромагнитные волны, за счет уменьшения размера частиц наполнителя и расширения их распределения по размерам, а также благодаря многослойности и трехмерности покрытия;

- повышение прочности и атмосферостойкости эмалей путем оптимального подбора полимерных добавок, вводимых в связующее, а также за счет введения в связующее нанотрубок.

По техническому уровню выявлены следующие показатели:

- все камуфлирующие покрытия обладают поглощением в основном в инфракрасном и видимом диапазонах. Покрытие по патенту 8220379 показало самый широкий диапазон поглощения (заявителем которого является фирма Reed F. Cury, США), охватывающий ультрафиолетовую, видимую и инфракрасную области;

- чаще всего в качестве связующего для камуфлирующих составов выбирают полиуретаны и фторкаучуки;

- в основном все известные камуфлирующие эмали могут использоваться в условиях воздействия температуры до $\sim 120^{\circ}\text{C}$;

- наилучшую атмосферостойкость показывают камуфлирующие эмали известной нидерландской фирмы AkzoNobel;

– в зависимости от цели маскировки рассматривается возможность быстрого удаления краски – запатентованная компанией Potter Paint Company атмосферостойкая краска (патент 5041488, США) выдерживает различные погодные условия, включая арктические, и смывается раствором аммиака.

Новая атмосферостойкая термостойкая эмаль рекомендуется к применению в системах ЛКП для окраски авиационной и ракетной техники, наземных объектов инженерных войск, требующих

маскировки, и для автотранспортной техники военного назначения, а также для антикоррозионной защиты алюминиевых сплавов и защиты полимерных композиционных материалов от атмосферного воздействия. Применение ЛКП на основе данной эмали позволит снизить оптическую контрастность в видимой и ИК областях и повысить срок эксплуатации объектов при температуре от -60 до +200°C во всеклиматических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краска с низким излучением: пат. 8187503 США; опубл. 29.05.2012.
2. Камуфляжное покрытие: пат. 20140004279 США; опубл. 02.01.2014.
3. Камуфляж в ближнем ультрафиолетовом спектре: WO 2011094381 США; опубл. 04.08.2011.
4. Пустынный камуфляж: WO 2009052609 Канада; опубл. 30.04.2009.
5. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 7–17.
6. Каблов Е.Н. Современные материалы – основа инновационной модернизации России //Металлы Евразии. 2012. №3. С. 10–15.
7. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники //Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
8. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Лебедева Т.А., Семенова Л.В. Основные направления повышения эксплуатационных свойств, технологических и экологических характеристик лакокрасочных покрытий для авиационной техники //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 96–102.
9. Бейдер Э.Я., Донской А.А., Железина Г.Ф. и др. Опыт применения фторполимерных материалов в авиационной технике //Российский химический журнал. 2008. Т. LII. №3. С. 30–44.
10. Кондрашов Э.К., Семенова Л.В., Кузнецова В.А. и др. Развитие авиационных лакокрасочных материалов //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №5. С. 49–54.
11. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Лебедева Т.А., Малова Н.Е. Антикоррозионные, терморегулирующие, термостойкие и влагозащитные лакокрасочные покрытия МКС «Буран» //Авиационные материалы и технологии. 2013. №S1. С. 137–141.
12. Семенова Л.В., Малова Н.Е., Кузнецова В.А., Пожого А.А. Лакокрасочные материалы и покрытия //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 315–327.
13. Бузник В.М. Сверхгидрофобные материалы на основе фторполимеров //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 29–33.
14. Кондрашов Э.К., Семенова Л.В. Модифицированные бромэпоксидные лакокрасочные покрытия с высокими влагозащитными свойствами //Материаловедение. 2010. №5. С. 37–40.
15. Семенова Л.В., Кондрашов Э.К. Модифицированный бромэпоксидный лак ВЛ-18 для защиты полимерных композиционных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2010. №1. С. 29–32.
16. Кондрашов Э.К., Козлова А.А., Малова Н.Е. Исследование кинетики отверждения фторполиуретановых эмалей алифатическими полиизоцианатами различных типов //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 48–49.
17. Гуревич М.М., Ицко Э.Ф., Середенко М.М. Оптические свойства лакокрасочных покрытий. 2-е изд. СПб.: Профессия. 2010. С. 68–95, 150–152.
18. Панин С.В., Курс М.Г. Применение лакокрасочных покрытий для ремонта строительных конструкций, эксплуатирующихся в жестких климатических условиях //Авиационные материалы и технологии. 2014. №2. С. 68–71.