

УДК 667.64:678.7

DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-s3-25-27

Н.И. Нефедов¹, Э.К. Кондрашов¹, Л.В. Семенова¹, Т.А. Лебедева¹

ЭРОЗИОННОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для защиты полимерных композиционных материалов (ПКМ) от эрозионного износа в настоящее время широко применяются покрытия на основе фторкаучуков и хлорсульфированного полиэтилена, для которых характерна нелинейная зависимость износа от толщины. Показано, что эрозионная стойкость покрытий на основе фторкаучуков может быть повышена путем нанесения в качестве внешнего слоя покрытия с большей твердостью. В ряде случаев достаточной эрозионной стойкостью обладают эпоксидные покрытия на основе эмалей ЭП-586 и ЭП-5236. Снижение электризуемости эрозионностойких систем покрытий достигается применением токопроводящей эпоксидной грунтовки ЭП-0181.

Ключевые слова: лакокрасочные материалы, эрозионностойкие покрытия, эрозионный износ, полимерные композиционные материалы.

Currently in order to protect polymer composite material (PCM) against an erosive wear the coatings based on fluoroelastomers and chlorosulfonated polyethylene are widely used, which are characterized by a nonlinear dependence of a wear degree on a thickness. It is shown hereby that the erosion resistance of the coatings based on fluoroelastomers can be improved by applying a harder external coating. In many cases, the epoxy coatings based on EP-586 and EP-5236 enamel has a sufficient erosion resistance. Reducing of the static characteristics of the erosion-resistant coating systems is achieved by using a conductive epoxy primer EP-0181.

Keywords: paintwork materials, erosion resistant coatings, erosive wear, polymeric composite materials.

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 настоящее время в изделиях авиационной техники все больше стали применяться детали из ПКМ: стекло-, угле-, органических и гибридных материалов, в том числе и детали, выходящие на внешний контур изделия. Часто из ПКМ изготовляют агрегаты, подвергающиеся в процессе эксплуатации интенсивному эрозионному износу: носовые обтекатели, обтекатели антенн, выступающие за теоретический контур, лобовые кромки. В меньшей степени подвергаются эрозионному износу отклоняемые рули. Одним из средств защиты от эрозионного износа является применение эрозионностойких покрытий, в том числе и лакокрасочных покрытий (ЛКП) [1–7].

Материалы и методы

Для защиты ПКМ в настоящее время наибольшее применение получили ЛКП на основе фторкаучуков (эмали КЧ-5185, КЧ-5230) и хлорсульфированного полиэтилена (эмаль ХП-5184). Характерной особенностью материалов на основе эластомеров является зависимость интенсивности эрозионного износа от толщины покрытия [8–11]. Поэтому эрозионностойкие эмали на основе эластомеров должны наноситься толщиной не менее 150 мкм, что подтверждается зависимостью эрозионной стойкости покрытия на основе эмали КЧ-5185 от его толщины (рис. 1). Исследование

эрозионной стойкости проводили с использованием установки «Гайфун», имеющей следующие параметры:

Интенсивность подачи абразива на образец, г/с 0,37
Скорость абразива, м/с 60
Размер частиц абразива, мм 0,5–0,8
Площадь образца, подвергающаяся эрозии, мм . . . 10×33.

Результаты

Указанные ЛКП используют в системах покрытий, которые состоят из нескольких слоев различного назначения. Так, эмаль КЧ-5185, как правило, применяют в системе, состоящей из выравнивающего шпатлевочного слоя, адгезионного грунта, влагозащитного слоя и самой эмали КЧ-5185 как эрозионностойкого слоя. Общая толщина такого покрытия без учета шпатлевки 200–250 мкм. Применение систем таких покрытий на деталях радиотехнического назначения требует учета влияния толщины покрытия на радиотехнические характеристики деталей при их расчете.

При нанесении влагозащитного слоя не на адгезионный грунт, а на слой эмали КЧ-5185 эрозионная стойкость системы покрытия возрастает на 30–50%.

К эрозионностойким покрытиям относятся также покрытия на основе эмалей ЭП-586 и ЭП-5236. Эти эмали на основе жестких эпоксидных связующих по сравнению с эластомерными

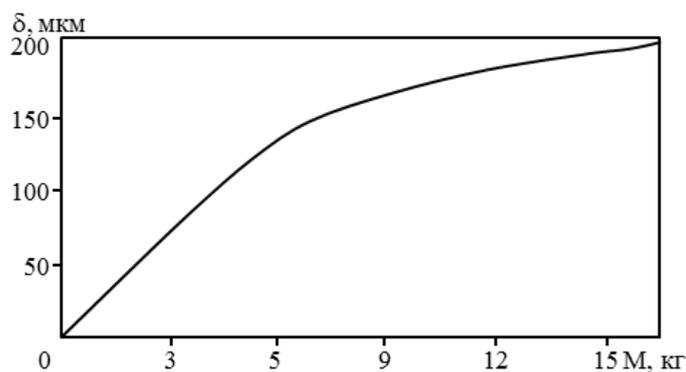


Рис. 1. Зависимость эрозионной стойкости покрытия на основе эмали КЧ-5185 от его толщины δ (М – масса абразива, израсходованного для разрушения покрытия до подложки)



Рис. 2. Количество запатентованных изобретений (в охранных документах) на эрозионностойкие радиопрозрачные композиции в ведущих странах мира

Эрозионная стойкость покрытий

Эрозионная стойкость, кг абразива, лакокрасочного покрытия				
ХП-5184	КЧ-5185, КЧ-5230	ЭП-586, ЭП-5236	ВЭ-62	Полиимидное
10	15	8	4–5	10

покрытиями имеют линейную зависимость эрозионной стойкости от толщины и высокую эрозионную стойкость при толщинах 100–120 мкм. Эмаль ЭП-586 (серая) может быть использована для окраски деталей радиотехнического назначения. Диэлектрическая проницаемость пленки эмали (ϵ) не более 4,5 отн. ед. Эмаль ЭП-5236 рекомендована в системе с эрозионностойкой шпатлевкой ЭП-0065 для окраски лопастей винтовентиляторов [12–15].

При окраске деталей конструкционного назначения, для снятия электростатического заряда в системе на основе эмалей КЧ-5185 и ХП-5184 может быть введена электропроводящая грунтовка ЭП-0181. При этом конструкционно должен быть решен вопрос об обеспечении электрического контакта грунтовки с металлическими частями изделия.

Особенностью систем покрытий с эмалью ХП-5184 является применение грунтовки ХП-0206 и шпатлевок (ХП-0064, ЭП-0065), которые, помимо основного своего назначения как выравнивающего слоя, обладают эрозионной стойкостью, поэтому наносятся сплошным слоем на всю поверхность детали [16–19].

Проведены патентные исследования в области эрозионностойких радиопрозрачных композиций. Ретроспектива поиска по ведущим странам мира составила 20 лет. В результате тематического поиска изучено более 1000 охранных документов на изобретения, относящиеся к исследуемому объекту. Поиск показал, что разработками в исследуемой области занимаются во многих странах мира – США, РФ, Германии, Италии, Швейцарии, Бразилии, Канаде, Японии, Китае, Иране и Польше. После предварительного анализа отобрано 46 охранных документов, которые распределились по странам выдачи следующим образом: американским заявителям выдано 29 охранных документов, российским 6, японским 5, китайским 3, французским, немецким и итальянским – по 1 охранному документу (рис. 2).

Обсуждение и заключения

Анализ научно-технической литературы и охранных документов позволил выявить составы и комплекс технических характеристик эрозионностойких радиопрозрачных композиций для защиты от эрозионного износа деталей из ПКМ. Установлено, что в качестве полимерного пленкообразователя для получения эрозионностойких

покрытий могут применяться эпоксидные, полиимидные, полиуретановые олигомеры. Широкое распространение как в нашей стране, так и за рубежом нашли эрозионностойкие покрытия на основе модифицированных эпоксидных олигомеров. Обладая рядом ценных свойств, они имеют существенный недостаток – невысокую атмосферостойкость.

Повышение атмосферостойкости эрозионностойких покрытий достигнуто за счет разработки

полиуретановых (эмаль ВЭ-62) и фторсополимерных эмалей КЧ-5185 и КЧ-5230 с термостойкостью 250°C. Еще более высокая термостойкость (до 300°C) может быть достигнута у полиимидных эмалей. Сравнительная эрозионная стойкость покрытий представлена в таблице.

Авторы выражают благодарность В.А. Кузнецовой, Э.Я. Бейдеру и др. за обсуждение результатов данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашов Э.К., Владимирский В.Н., Бейдер Э.Я. Эрозионностойкие лакокрасочные покрытия. М.: Химия. 1989. 136 с.
2. Чеботаревский В.В., Кондрашов Э.К. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении. М.: Машиностроение. 1978. С. 214–220.
3. Каблов Е.Н. Коррозия или жизнь //Наука и жизнь. 2012. №11. С. 16–21.
4. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.
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. Лакокрасочные покрытия /В кн. История авиационного материаловедения: ВИАМ – 75 лет поиска, творчества, открытий /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Наука. 2007. С. 152–158.
7. Лакокрасочные покрытия /В кн. История авиационного материаловедения. ВИАМ – 80 лет: годы и люди /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ. 2012. С. 319–329.
8. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В. и др. Развитие авиационных лакокрасочных материалов //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №5. С. 49–54.
9. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Лебедева Т.А. Основные направления повышения эксплуатационных, технологических и экологических характеристик лакокрасочных покрытий для авиационной техники //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 96–102.
10. Кузнецова В.А., Владимирский В.Н., Кондрашов Э.К. Прогнозирование эрозионной стойкости лакокрасочных покрытий с учетом динамических параметров //Авиационные материалы и технологии. 2003. №2. С. 50–53.
11. Кузнецова В.А., Кондрашов Э.К., Владимирский В.Н., Кузнецов Г.В. Дисперсно-армированные эрозионностойкие покрытия //Авиационные материалы и технологии. 2003. №2. С. 53–56.
12. Семенова Л.В., Малова Н.Е., Кузнецова В.А., Пожогова А.А. Лакокрасочные материалы и покрытия //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 315–327.
13. Кузнецова В.А., Кондрашов Э.К., Семенова Л.В., Кузнецов Г.В. О влиянии формы частиц оксида цинка на эксплуатационные свойства полимерных покрытий //Материаловедение. 2012. №12. С. 12–14.
14. 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.
15. Кузнецова В.А., Владимирский В.Н., Кондрашов Э.К. Атмосферостойкая эрозионностойкая эмаль ВЭ-62 для защиты лопастей винтовентиляторных двигателей //Авиационные материалы и технологии. 2003. №2. С. 58–60.
16. Нефедов Н.И., Семенова Л.В. Нанесение лакокрасочных покрытий методом «сырой по сырому» //Авиационные материалы и технологии. 2013. №4. С. 39–42.
17. Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Кондрашов Э.К., Лебедева Т.А. Лакокрасочные материалы с пониженным содержанием вредных и токсичных компонентов для окраски агрегатов и конструкций из ПКМ //Труды ВИАМ. 2013. №8. Ст. 05 (viam-works.ru).
18. Beider E.Ya., Donskoi A.A., Zhelezina G.F. et al. An experience of using fluoropolymer materials in aviation engineering //Russian Journal of General Chemistry. 2009. V. 79. №3. P. 548–564.
19. Кузнецова В.А., Деев И.С., Кондрашов Э.К., Кузнецов Г.В. Влияние отвердителей на микроструктуру и свойства модифицированного эпоксидного связующего для топливостойкого покрытия //Все материалы. Энциклопедический справочник. №11. 2012. С. 38–41.