

Н.С. Жадова¹, Т.Ю. Тюменева¹, И.А. Шарова¹, Н.Ф. Лукина¹

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВРЕМЕННОГО ОПЕРАТИВНОГО РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ*

Приведено описание разработанных во ФГУП «ВИАМ» клеящих материалов: самоклеящихся на различных подложках. Изложены основные свойства материалов; показана возможность их применения для временного оперативного ремонта поврежденных поверхностей авиационной техники.

Ключевые слова: самоклеящиеся материалы, подложки, оперативный временный ремонт, технологии ремонта, быстроотверждающийся клей.

N.S. Zhadova¹, T.Yu. Tyumeneva¹, I.A. Sharova¹, N.F. Lukina¹, A.S. Kogtenkov¹

PERSPECTIVE TECHNOLOGIES FOR FIELD REPAIR OF AVIATION ENGINEERING

Description of adhesive materials such as self-adhesive materials on different substrates developed by FSUE «VIAM» is given. The main properties of materials are stated; possibility of their application for field repair of damaged surfaces of aviation engineering is shown.

Keywords: self-adhesive materials, substrates, temporary operational repair, technologies of repair, rapid-setting adhesive.

¹ Федеральное 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

Антикоррозионные, атмосферостойкие защитные лакокрасочные покрытия (ЛКП) являются неотъемлемой частью планера самолета и других летательных аппаратов. Невозможно эксплуатировать длительное время изделия авиационной техники без ремонта и надежной оперативной защиты поверхности планера от различных воздействий химического и механического характера (коррозия, эрозия и др.).

В процессе эксплуатации летательных аппаратов (самолетов, вертолетов) в ряде случаев возникают дефекты на внешней поверхности планера (царапины, повреждения ЛКП, проколы и др.), дальнейшее развитие которых приводит к образованию повреждений, не допускающих дальнейшую эксплуатацию авиационной техники и требующих длительного и дорогостоящего капитального ремонта в условиях ремонтных предприятий.

Проведение временного оперативного ремонта выявленных дефектов внешней поверхности планера и элементов крыла, в том числе в полевых условиях, позволяет защитить поврежденные поверхности агрегатов, в том числе сотовых, от попадания влаги и дальнейших коррозионных разрушений. Необходимо подчеркнуть, что временный оперативный ремонт агрегатов авиационной техники должен быть осуществлен непосредственно после обнаружения повреждений, в том числе в полевых условиях, и не допускает длительной эксплуатации изделия без последующего проведения капитального ремонта.

*В работе принимал участие А.С. Когтенков.

Следует отметить, что в авиастроении и других областях техники появляются и эксплуатируются новые конструкционные материалы (не только металлические, но и полимерные [1]), которые входят в состав клееных слоистых и сотовых агрегатов из ПКМ [2], и со временем возникает необходимость их ремонта, в том числе оперативно-временного. Поэтому современные технологии ремонта отечественной авиационной техники постоянно развиваются и появляется необходимость создания новых более совершенных (более технологичных – с повышенным уровнем прочности и надежности в эксплуатации) клеящих материалов, которые позволяют выполнять ремонтные работы в условиях эксплуатирующих организаций и в полевых условиях.

Ведущие зарубежные фирмы, в том числе фирма 3М (США), уделяют большое внимание созданию и применению в самолетостроении таких перспективных материалов, как самоклеящиеся материалы с постоянной липкостью. До настоящего времени материалы подобного назначения в отечественной практике широко не использовались, и их создание и производство является актуальной задачей современного отечественного авиационного материаловедения.

Самоклеящиеся материалы представляют собой многослойную конструкцию, в состав которой входит несущая основа (полимерные пленки, ткани, металлическая фольга) с нанесенным на нее клеевым слоем, длительно сохраняющим (до одного года) постоянную липкость как при хранении, так и при эксплуатации ремонтных накладок из таких материалов. Липкий слой защищен антиадгезионным покрытием (антиадгезионной бумагой или пленкой). Самоклеящиеся материалы обладают способностью к последующему их удалению с ремонтируемой поверхности без ее загрязнения.

Липкие клеи, входящие в состав этих материалов, как правило, не отверждаются. По этой причине самоклеящиеся материалы не являются конструкционными, но так как они работают во всепогодных условиях на наружной поверхности планера воздушного судна, то к ним предъявляются повышенные эксплуатационные требования:

- высокая когезионная прочность;
- повышенное сопротивление статическому сдвигу («ползучесть»);
- работоспособность в интервале температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$, а для некоторых назначений и при более высоких температурах;
- атмосферостойкость;
- стойкость к обливу рабочими жидкостями (маслами, топливами, гидрожидкостями, моющими средствами и т. д.).

Создание отечественных материалов с подобными свойствами – весьма перспективная задача.

Самоклеящиеся материалы не содержат растворителей, не выделяют токсичных летучих веществ, не образуют вредных отходов, поэтому являются экологически безопасными при использовании. Применение таких материалов не требует специальной подготовки поверхностей под склеивание, не требует нагрева и давления, а также специальной оснастки при ремонтных работах.

Применение экологически чистых самоклеящихся материалов в ремонтных технологиях авиационной техники позволяет снизить энергозатраты и трудоемкость ремонтных работ в 8–10 раз, повысить надежность ремонтных накладок (при незначительных повреждениях наружных обшивок сотовых агрегатов) из стеклопластиков на основе клеевых препрегов и обеспечить защиту сотовой конструкции от попадания влаги. Оперативный ремонт с применением самоклеящихся материалов позволяет увеличить периоды между плановыми ремонтами летательных аппаратов.

Перечисленные преимущества самоклеящихся материалов делают их незаменимыми для перспективных ремонтных технологий в авиационной и других областях техники по сравнению с используемыми традиционными клеящими материалами и технологиями ремонта.

В ВИАМ разработан (с использованием отечественного сырья), исследован и паспортизован ряд самоклеящихся материалов ремонтного назначения на различных несущих подложках: пленочной, тканевой и на алюминиевой фольге [3]. Разработаны технологии изготовления этих материалов и технологии ремонта с их использованием [4].

Создано защитное полимерное пленочное покрытие на клеевой основе (ЗППК), которое является принципиально новым для отечественной практики полимерным клеящим материалом с постоянно липким слоем. ЗППК является многослойным листовым материалом и состоит из несущей полимерной пленочной подложки, внешняя поверхность которой защищена специальным лакокрасочным покрытием (белого, серого и др. цветов), а на противоположную поверхность пленочной подложки нанесен клеевой слой с постоянной липкостью, протектированный антиадгезионной бумагой.

Материал ЗППК работоспособен в диапазоне температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$, рекомендован для временной защиты при ремонте поврежденных участков ЛКП на наружной поверхности планера воздушного судна из алюминиевых сплавов с эмалями типа АС-1115 или Аэродур и сочетает защитные (атмосферо-, эррозионностойкие) и декоративные свойства.

По сравнению с материалами и ремонтными технологиями, используемыми традиционно для ремонта поврежденных участков ЛКП на поверхности планера воздушного судна, ЗППК обладает рядом технологических преимуществ: не содержит растворителей и летучих продуктов, не требует специального оборудования и оснастки для нанесения и сушки ремонтной наклейки, при этом обеспечивает надежность и качество ремонтных работ. Исследованы физико-механические характеристики материала ЗППК: масса 1 м^2 составляет ~ 240 г, толщина $0,12\text{--}0,22$ мм.

В процессе разработки и при исследовании свойств материала ЗППК установлено, что клеевые соединения на основе алюминиевого сплава, содержащие пленочный материал ЗППК, обеспечивают прочность при динамическом сдвиге >300 кПа и сохраняют высокий уровень свойств (по сравнению с исходными) после воздействия температуры $+80^{\circ}\text{C}$ в течение 100 ч и переменных температур в интервале от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$ в течение 50 циклов. Материал ЗППК в составе клеевых соединений алюминиевого сплава Д16 водостоек (24 ч), тропикостоек (3 мес). Влагопоглощение пленочного материала ЗППК составляет 3,8% (30 сут). Эти исследования подтверждают атмосферостойкость материала и его способность работать во всепогодных условиях.

Клеевые соединения на основе материала ЗППК стойки к обливу авиационными топливами, маслами, гидрожидкостями и моющими средствами.

Работоспособность материала ЗППК в интервале температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$ подтверждена высоким сопротивлением статическому сдвигу («ползучесть») клеевых соединений из алюминиевого сплава при указанных температурах. Испытание образца материала ЗППК проводилось под действием $P_{\text{стат}}=0,2$ кг (что в 100 раз больше собственной массы материала) при температурах: -60°C в течение 6 ч, 20°C – 120 ч, 80°C – 1 ч. Сползания образца ЗППК с вертикальной металлической поверхности и разрушения клеевого соединения при этом не наблюдалось.

Материал ЗППК не коррозионноактивен и может работать в контакте с алюминиевым сплавом Д16 анодированным. Коррозионных повреждений под клеевым слоем не выявлено.

Материал ЗППК рекомендован для защиты поврежденных участков ЛКП при ремонте внешней поверхности планера воздушных судов. Материал может эксплуатироваться в диапазоне температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$.

Эксплуатационные свойства материала ЗППК оценены в реальных полетных условиях на изделии Ил-96. Ремонтная наклейка (на поверхности планера) из материала ЗППК без изменений выдержала >2500 тыс. ч налета во всеклиматических условиях.

Для оценки эрозионной стойкости образцы материала ЗППК наклеивались на модель крыла и испытывались в аэродинамической трубе Т-5 и гидроканале. В процессе испытаний не наблюдалось деформации и отклеивания образца ремонтной накладки от поверхности модели крыла. Испытания проводились по режиму взлета и посадки летательных аппаратов.

В области создания клеящих материалов с постоянной липкостью для новых технологий ремонта авиационной техники в ВИАМ в разные годы разработаны и паспортизованы двухслойные самоклеящиеся материалы с односторонним липким слоем марок ФЛС, САФ и другие на алюминиевой фольге в качестве несущей подложки.

Самоклеящийся материал на алюминиевой фольге (толщиной 50 или 80 мкм) с постоянно липким слоем марки ФЛС рекомендован для оперативного ремонта поверхностей из алюминиевых сплавов, работоспособен в интервале температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$, обеспечивает прочность при динамическом сдвиге, равную 400 кПа, прочность при отслаивании 4,5–5 Н/см. Материал обладает демпфирующими свойствами, отличается хорошей адгезией к инертным материалам (полиэтилену, полипропилену).

Материал ФЛС устойчив к воздействию переменных температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$ в течение 50 циклов, тропико- и грибостоек, стоек к воздействию солевого тумана (4,5 мес), водостоек, стоек к обливу агрессивными жидкостями (авиационные топлива, масла, гидрожидкости и др.). Материал устойчив к естественному старению в условиях климатических станций Москвы, Геленджика и Якутска.

Материал ФЛС не коррозионноактивен, не вызывает коррозионных повреждений на внутренней поверхности алюминиевой фольги и может эксплуатироваться в контакте со сплавом Д16 плакированным, неплакированным, плакированным анодированным.

Самоклеящаяся алюминиевая фольга марки САФ отличается повышенной термостойкостью и работоспособна в интервале температур от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$, что подтверждено исследованием сопротивления статическому сдвигу – «ползучести» (при $P_{\text{стат}}=0,2$ кг) при 170°C – более 1 ч без разрушения клеевого соединения.

Материал САФ устойчив к воздействию теплового старения при 150°C в течение 100 ч, переменных температур от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$ в течение 50 циклов, солевого тумана, воды, агрессивных жидкостей (авиационных масел, топлив, гидрожидкостей, моющих средств и др.).

Материал устойчив к воздействию естественного старения в условиях климатических станций Москвы, Геленджика и Якутска. Материал САФ тропико-, грибостоек, не вызывает коррозии алюминиевых сплавов и алюминиевой фольги.

Самоклеящаяся алюминиевая фольга марки САФ, работоспособная до температуры 150°C , рекомендована для оперативного ремонта повреждений (сколы, потертости и др.) внешней поверхности из алюминиевых сплавов и стеклопластиков, в том числе на основе клеевых препрегов.

За последние годы в ВИАМ разработан самоклеящийся материал на алюминиевой фольге с рабочей температурой $+80^{\circ}\text{C}$, с повышенной прочностью при отслаивании (10 Н/см) при температуре испытаний 20°C , который рекомендуется взамен снятого с производства Фольгоплена.

Разработанный самоклеящийся материал по сравнению с Фольгопленом обладает повышенной (более чем в 3 раза) когезионной прочностью (575 кПа). Материал работоспособен в интервале температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$, устойчив к воздействию теплового старения при $+80^{\circ}\text{C}$ в течение 100 ч, выдерживает воздействие переменных температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$ в течение 20 циклов, стоек к воздействию воды, обливу агрессивными жидкостями (авиационными маслами, топливами, гидрожидкостями, моющими средствами и др.), тропикостоек, грибостоек, работоспособен во всепогодных условиях.

По результатам испытания клеевых соединений на сопротивление статическому сдвигу («ползучесть») показано, что разработанный материал работоспособен в интервале температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$.

Результаты натурной экспозиции образцов-имитаторов для ремонта в четырех климатических зонах (г. Москва, г. Геленджик, г. Якутск, г. Сочи) в течение 1,5 лет без изменений свойств подтверждают работоспособность разработанного взамен Фольгоплена материала во всепогодных условиях. Разработанный самоклеящийся материал на алюминиевой фольге по комплексу свойств значительно превосходит Фольгоплен, снятый с производства.

Разработан самоклеящийся материал на тканевой основе, который в отличие от самоклеящихся материалов на алюминиевой фольге может использоваться для ремонта поврежденных поверхностей из углепластиков. Существенным преимуществом этого материала является то, что он обладает улучшенной технологичностью – «выкладываемостью», что позволяет рекомендовать его в новых технологиях для ремонта поврежденных поверхностей сложной кривизны, например, сотовых конструкций из ПКМ, в том числе в полевых условиях.

Материал на тканевой основе обеспечивает прочность клеевых соединений из алюминиевых сплавов при сдвиге 600 кПа, прочность при отслаивании $6,0$ Н/см, стоек к воздействию теплового старения при $+80^{\circ}\text{C}$ в течение 50 ч, к воздействию переменных температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$, грибокостоек. Материал водо-, тропикостоек, влагопоглощение за 30 сут составляет $3,5\%$; рекомендован для эксплуатации ремонтных накладок во всеклиматических условиях.

Разработана перспективная технология применения самоклеящегося материала на тканевой основе в сочетании с быстроотверждающимся эпоксидным клеем для оперативного ремонта сотовых агрегатов из ПКМ, в том числе в полевых условиях. Клеящие материалы рекомендованы для ремонта таких повреждений, как проколы и пробоины (размером не более 30 мм в диаметре) верхнего слоя обшивок трехслойной сотовой конструкции из ПКМ.

Применение разработанной технологии позволяет выполнить временный ремонт сотовых агрегатов, снизить трудоемкость и энергозатраты, увеличить периоды между плановыми капитальными ремонтами изделий авиационной техники. Все разработанные материалы безопасны в использовании – имеют экологически чистую технологию применения.

Таким образом, в ВИАМ разработан ассортимент самоклеящихся и клеящих материалов специального назначения и технологий их применения для оперативного временного ремонта авиационной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сытый Ю.В., Сагомонова В.А., Кислякова В.И., Большаков В.А. Новые вибропоглощающие материалы //Авиационные материалы и технологии. 2012. №2. С. 51–54.
2. Мухаметов Р.Р., Ахмадиева К.Р., Чурсова Л.В., Коган Д.И. Новые полимерные связующие для перспективных методов изготовления конструкционных волокнистых ПКМ //Авиационные материалы и технологии. 2011. №2. С. 38–42.
3. Жадова Н.С., Лукина Н.Ф., Тюменева Т.Ю. Самоклеящиеся материалы для временного оперативного ремонта внешней поверхности изделий авиационной техники //Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №6. С. 2–4.
4. Шарова И.А., Жадова Н.С., Лукина Н.Ф. Клеящие материалы и технологии для временного оперативного ремонта сотовых агрегатов из полимерных композиционных материалов //Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №5. С. 36–39.

REFERENS LIST

1. Sytyj Ju.V., Sagomonova V.A., Kisljakova V.I., Bol'shakov V.A. Novye vibropogloshhajushhie materialy [New vibration-absorbing materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №2. S. 51–54.
2. Muhametov R.R., Ahmadijeva K.R., Chursova L.V., Kogan D.I. Novye polimernye svjazujushhie dlja perspektivnyh metodov izgotovlenija konstrukcionnyh voloknistyh PKM [New polymeric binding for perspective methods of production of constructional fibrous PCM] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №2. S. 38–42.
3. Zhadova N.S., Lukina N.F., Tjumeneva T.Ju. Samoklejashhiesja materialy dlja vremennogo operativnogo remonta vneshnej poverhnosti izdelij aviacionnoj tehniki [Self-adhesive materials for temporary expeditious repair of an external surface of products of the aircraft equipment] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №6. S. 2–4.
4. Sharova I.A., Zhadova N.S., Lukina N.F. Klejashhie materialy i tehnologii dlja vremennogo operativnogo remonta sotovyh agregatov iz polimernyh kompozicionnyh materialov [Gluing materials and technologies for temporary expeditious repair of cellular units from polymeric composite materials] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №5. S. 36–39.