

**Гусева Р. И.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОКРАСКЕ ДЕТАЛЕЙ  
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Гусева Р. И.**

**R.I. Guseva**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОКРАСКЕ ДЕТАЛЕЙ  
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**PAINT&VARNISH SYSTEMS FOR PAINTING PARTS/COMPONENTS MADE  
OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS**



**Гусева Роза Ивановна** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология самолетостроения» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: [r\\_guseva@knastu.ru](mailto:r_guseva@knastu.ru)

**Ms. R.I. Guseva** – PhD in Engineering, Professor of the Aircraft Building Technology Department, Deputy Dean of The Aircraft Building Faculty of Komsomolsk-na-Amure State Technical University. E-mail: [r\\_guseva@knastu.ru](mailto:r_guseva@knastu.ru)

**Аннотация.** Приведен обзор по лакокрасочным покрытиям для деталей и изделий из полимерных композиционных материалов, предложена технология нанесения покрытий и технология ремонта покрытий в случае возникновения какого-либо дефекта (отслоения, игольчатые надколы, вздутия, трещины, поры, проникновение воды, царапины).

**Summary:** A review of paint and varnish coatings for parts and products made of polymer composite materials is presented; a technology for paint application and a technology for paint/coating repair in case of defects (delaminations, needlelike holes, paint distensions, cracks, voids, water penetration, and scratches) are proposed.

**Ключевые слова:** лакокрасочная система покрытий, полимерные композиционные материалы, дефекты, технология нанесения покрытий.

**Keywords:** Paint and varnish system, polymer composite materials, defects, coating technology.

УДК 678.4

Различные типы полимерных композиционных материалов широко используются в аэрокосмической индустрии для внешних и внутренних поверхностей и в конструкционных составляющих планера самолета.

Покраска или покрытие поверхностей полимерных композиционных материалов является важным этапом получения высококачественных поверхностей этих изделий.

На предприятиях авиационной промышленности России достаточно успешно применяют на изделиях из полимерных композиционных материалов лакокрасочные покрытия и пленки отечественного производства.

Но в настоящее время на отечественный рынок поступают лакокрасочные системы (ЛКС) передовых зарубежных фирм для покрытия полимерных композиционных материалов, которые имеют ряд преимуществ перед традиционными отечественными покрытиями:

- быстро высыхают и поверхность покрытия гладкая, ровная;
- имеют небольшой вес высохшего покрытия;
- отличаются невысоким содержанием летучих;
- покрытия легко наносятся и не требуют специальных навыков;
- имеют продолжительную жизнеспособность.

Лакокрасочные покрытия применяют как в интерьерах самолета, так и на внешних поверхностях (рис. 1, 2).



Рис.1. Поверхности планера самолета, элементы которых выполнены из композиционных полимерных материалов

Функции лакокрасочных покрытий **в интерьере** салона самолета, кухне и туалете:

- восстановление поврежденного покрытия вследствие наличия загрязнений или повреждений композитных панелей;
- полное изменение цветовой схемы покрытия;
- как часть улучшения или замена декоративных самоклеющихся пленок.



Рис. 2. Внешние и внутренние поверхности планера самолета, в которых использованы лакокрасочные покрытия

**Гусева Р. И.**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОКРАСКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Компании, занимающиеся изготовлением и ремонтом, а также обслуживанием лакокрасочных систем, предлагают большой выбор лакокрасочных покрытий (систем ЛКС), которые отличаются следующими свойствами:

- наличием широкой гаммы цветов окраски;
- менее дорогостоящими отходами производства в сравнении с самоклеющейся пленкой;
- возможностью нанесения ЛКС различными способами (краскораспылителем или валиком);
- достаточно легким проведением локального местного ремонта в местах дефектов;
- возможностью нанесения покрытий на детали сложной формы;
- нанесение эффектом "multi-colour" (эффект разбрызгивания).

Предлагаемые ЛКС для внешней поверхности планера, произведенные по технологии "High Solid Solvent-borne" (с высоким содержанием сухого остатка) для композитных поверхностей, обеспечивают быстрое и качественное высыхание, небольшой вес высохшего покрытия, невысокое содержание летучих веществ, покрытия легко наносятся и не требуют специальных навыков.

Покрытия внутренних композитных поверхностей, выполненные по технологии "Aerowave Series" (на водной основе), включают следующие элементы ЛКС:

- эмаль Aviox Finish 77702 / Eclipse HS Topcoat;
- токопроводящие покрытия (если требуется нанесение – Pyroflex 7D 713, 8B 6a Laminar X-500 Conductive Coating);
- антистатик 10P2-3 Anti-static Conductive Flat Black Epoxy Coating;
- грунты-выравниватели – 10P30-8; Exempt solvent epoxy surfacer; 464-3-1; Epoxy primer surfacer; 467-9; Epoxy filler; 8W5 Laminar X-500 off-white Surfacer ; 20P20-3 Sandable Polyurethane Surfacer;
- барьерные грунты/ промежуточные грунты – Aerodur Barrier Primer 37045 и Aerodur CF Primer 37047;
- порозаполнитель 28C1 Magna Static Conditioner Filler, нанесение которого после очищения и обезжиривания на поверхность детали из композита обязательно.

При шлифовании поверхности перед нанесением покрытий используют минимальный размер абразива P220 для сглаживания неровностей и получения хорошей адгезии.

На очищенную, обезжиренную поверхность из композита наносят грунт Aerowave CF Primer, порозаполнитель Aerowave PoreFiller или грунт Aerowave Filler 222S01 при помощи шпателя, затем проводят шлифование (размер абразива P320), затем эмаль Aviox Finish.

Лакокрасочная система на композитных частях более уязвима перед растрескиванием, возникновением вздутостей, чем поверхность детали из дюралюминиевого сплава, поскольку композиты как конструкционный материал более жесткие и пористые.

Поэтому тщательная подготовка поверхности – очень важный факт в достижении длительной защиты композитных деталей. Подготовку поверхности проводят с учетом следующих рекомендаций:

- поверхность должна быть тщательно обезжирена и удалены все загрязнения: масло, пыль, вода;
- в случае ремонтного обслуживания самолета необходимо удалить шлифованием имеющуюся лакокрасочную систему на максимальную толщину (до первичного грунта), не повреждая поверхности композита;
- после удаления старого покрытия очень важно провести визуальный осмотр (с помощью увеличительного стекла, если возможно) и в соответствии с рекомендациями изготовителя (перед осмотром пыль должна быть удалена с помощью сжатого воздуха). В случае обнаружения повреждения необходимо осмотреть его на наличие микрорастрескиваний и



волосяных трещин. Это важно, поскольку повреждение может распространяться на большую глубину, чем первичный слой поверхности композита.

Если повреждение распространяется глубоко внутрь поверхности композита, то существует большая вероятность попадания воды или масла, что может потребовать капитального ремонта детали.

Вода может стать причиной расслоения композита вследствие проникновения между верхним слоем композита и сотовыми конструкциями и замерзанием во время полета.

Вода может быть не только причиной расслоения или повреждения сотовых конструкций, а также может быть причиной сильной коррозии окружающих дюралюминиевых конструкций.

Одним из признаков наличия воды или масла могут служить темные пятна на поверхности композиционных деталей, изготовленных на основе стекло- и органоволокон.

Для определения наличия воды или масла, абсорбированного внутри композитной детали, могут быть использованы различные методы:

- визуальный осмотр,
- ультразвуковая диагностика,
- рентген-диагностика.

Ультразвуковая и рентген-диагностика в основном используются для диагностики композитных деталей, выполненных на основе угольного волокна. Такие композитные детали используются на капотах двигателей, на стабилизаторах, на обтекателях нижней части фюзеляжа.

После шлифования и обезжиривания поверхности на ней необходимо отметить неровности, трещины, царапины. Если поверхность имеет неровности, то в большинстве случаев, это говорит о проникновении воды или масла.

### **Технология ремонта при различных дефектах конструкции**

Большинство дефектов лакокрасочной системы на композитных частях самолета – это трещины и микротрещины, отслоения, поры, игольчатые надколы, вздутия.

Источниками дефектов могут быть:

- некорректно выбранная система;
- большая толщина покрытия;
- низкий уровень подготовки поверхности (обезжиривание).
- пыль от шлифования грунтов; масло, не полностью удаленное с поверхности композита;
- превышенные пределы жизнеспособности применяемых материалов.

В работе рассмотрены дефекты покрытий и их устранение.

1. *Отслоение покрытий* – обследовали внутреннюю сторону капота двигателя. На участке поврежденной поверхности проведенная рентген-диагностика показывает, что причиной дефекта явилось проникновение *воды* в сотовые конструкции полимерного композита. Такой дефект, вызываемый водой, называется "*Osmoses (Осмоз)*", который приводит не только к повреждению покрытия, но и самого композитного изделия. В случае "*Osmoses*" вода, которая находится длительный период внутри композита, поглощается связующим, что приводит к конструктивному ослаблению композита.

Для устранения дефекта целесообразно применить следующую технологию ремонта (рис. 3):

- нанесенную лакокрасочную систему следует удалить;
- затем удалить верхний слой (обшивку) поврежденного участка композитной детали;
- участок конструкции с водой или маслом подвергнуть принудительной сушке для удаления воды или масла;
- подготовить (обезжирить поверхность, подсушить, нанести клей) и установить новые сотовые части конструкции в конструкцию для замены пораженных сотовых участков;

Гусева Р. И.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОКРАСКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- для обеспечения необходимой жесткости конструкции подготовить (обезжирить поверхность, подсушить, нанести клей) и установить дополнительную конструкционную жесткость между новым участком сотовой конструкции и существующим (не подверженным ремонту);
- подготовить (раскроить часть внешней обшивки, аналогичной снятой, обезжирить ее поверхность, подсушить, нанести высокопрочный клей) и установить на новые сотовые части конструкции;
- провести отверждение ремонтируемой части конструкции методом вакуумного или вакуум-автоклавного формования. Использование вакуумного оборудования необходимо для достижения безвоздушной среды в конструкции, удаления пузырьков воздуха и летучих веществ из клея для получения более плотной структуры композиции;
- нанести по типовой технологии новое покрытие на поверхность.

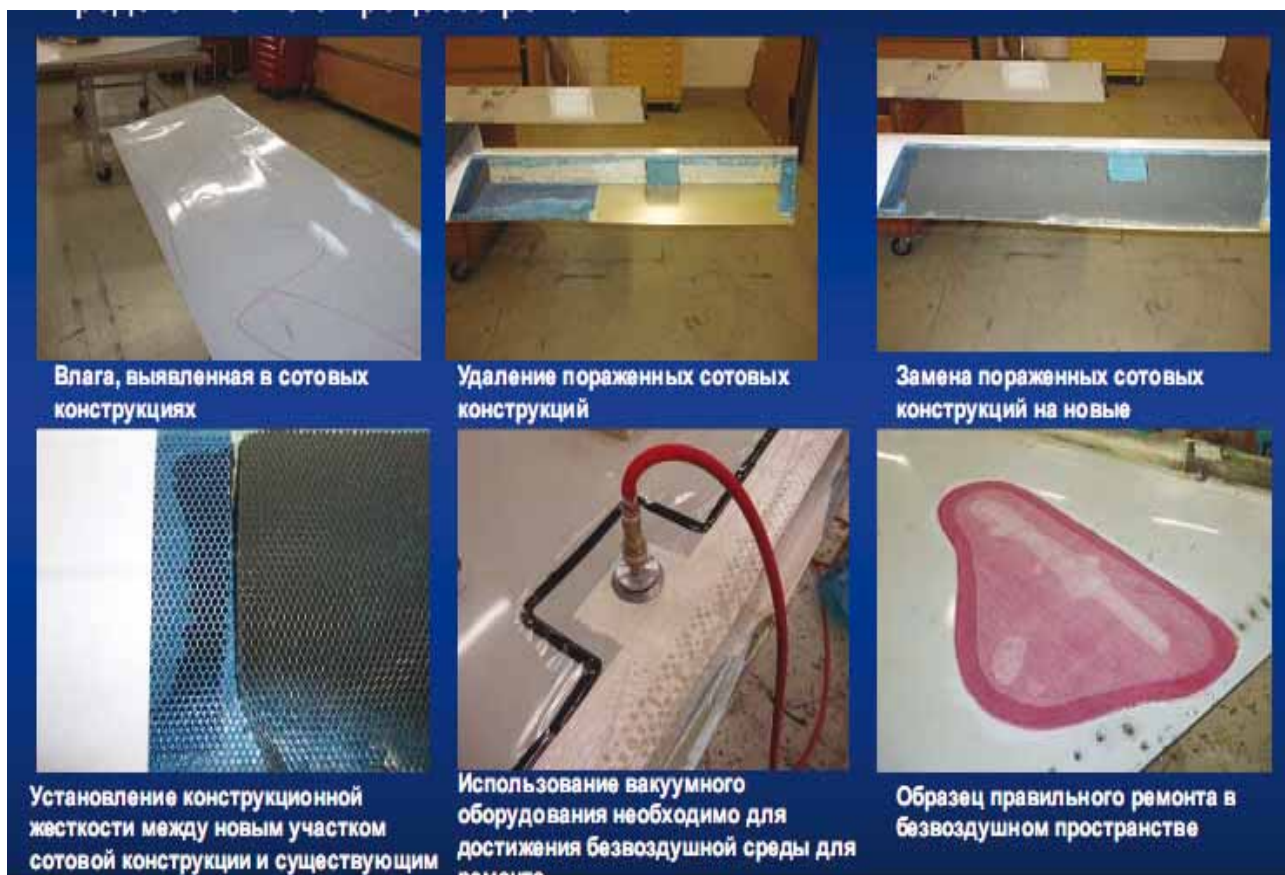


Рис. 3. Последовательность ремонтных операций устранения дефектов покрытия при наличии влаги в сотовых конструкциях

2. Часто причинами *микротрещин, растрескиваний и отслоений* в поверхностном слое конструкции являются низкий уровень подготовки поверхности, проникновение воды или масла на поверхность при излишней влаге в помещении, превышенная толщина лакокрасочной системы.

3. *Вздутия и отслоения* в основном происходят по причине превышения пределов жизнеспособности материалов и некорректно выбранных составляющих лакокрасочной системы.

4. Причинами возникновения *пор и игольчатых надколов* являются:

- неправильное нанесение грунтов-выравнивателей;
- плохая очистка после шлифования (удаление шлифовальной пыли);



- нанесение слишком толстых слоев покрытия;
- шлифование всей толщины лакокрасочной системы до поверхности композита, что может привести в последующем к образованию пор.

5. *Царапины* от шлифования, видимые после высыхания эмали, возникают в случае неправильного выбора градации абразива (слишком грубый).

Важно определить последовательность применения градаций абразивов для каждой лакокрасочной системы. При этом необходимо помнить, что последующий абразив не должен превышать предыдущий больше чем на 100 единиц. Например, начиная шлифовать с градации абразива 180, далее необходимо перейти на абразив 320 только при условии, что перешлифуете поверхность абразивом P280. Также возможно, что покрытие не было полностью высохшим на момент шлифования. Возможно также, что давление воздуха, подаваемое к шлифовальной машинке, было достаточно велико.

Кроме того, совершенно неправильная позиция, если шлифование производится вручную. Но если оно проводится, то необходимо держать пальцы вместе, когда плоскость руки пересекает обрабатываемую поверхность поперек направлению ваших пальцев. Периодически надо изменять направление шлифования.

6. Достаточно часто проявляется эффект "*захватывание воды*", когда вода накапливается в самом композите или под лакокрасочной системой, что является причиной *вздутий, растрескиваний и отслоений* лакокрасочной системы.

Результатом этого является замерзание воды при полете воздушного судна на большой высоте. При замерзании вода изменяет свой объем в сторону расширения. Итогом этого процесса является растрескивание или вздутие.

7. Возможно появление *воздушного пузыря* внутри композитной детали, между армирующим волокном и связующим. Вода накапливается за счет поглощения влаги или воды связующим. Влагопоглощение связующего ведет к возрастанию давления в композите, что приводит к вздутию и отслоениям. Для уменьшения влагопоглощения связующего в него добавляют специальные добавки.

Для устранения воздушного пузыря используют порозаполнитель Pinhole Conditioner filler 28C1, который наносят на новую поверхность, либо с удаленным покрытием. При этом необходимо всегда контролировать наличие технических паспортов на продукты "Product Technical Data Sheet" (TDS).

Технология ремонта следующая:

- необходимо тщательно очистить поверхность с помощью растворителя без остаточных присадок;
- зашлифовать поверхность без "задигов" абразивом P220 и выше;
- обдуть сжатым воздухом поверхность;
- протереть липкими салфетками и просушить всю поверхность;
- затем нанести порозаполнитель методом втирания, используя чистые салфетки.

Втирать порозаполнитель следует круговыми движениями;

- подождать, пока поверхность не побелеет.
- Затем удалить остатки чистой салфеткой и через 2 ч нанести грунт или грунт-выравниватель.

8. При *неглубоких вмятинах* и *царапинах* применяют продукт: шпатлевку Polyester Filler Polystop или Poly kit и грунты-выравниватели Primer Surfacer 10P30-8 / 464-3-1 / 467-9.

Рекомендации по нанесению:

Отвердитель должен быть добавлен в корректной пропорции 1:10 или 1: 9. Если необходимо, то может быть использован диспенсер для контроля количества добавляемого отвердителя. Для смешивания шпатлевки и отвердителя могут быть использованы шпатели. Применение шпателей поможет избежать насыщения воздухом шпатлевки, поскольку шпатлевка является высоковязким продуктом. Не рекомендуется перемешивать шпатлевку круго-

**Гусева Р. И.**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОКРАСКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

выми движениями как до, так и после смешения во избежание насыщения воздухом. Во вновь смешиваемую смесь нельзя допустить попадания засохших частиц шпатлевки, так же как и на выравниваемую поверхность.

Грунты-выравниватели Primer Surfacer 10P30-8 / 464-3-1 / 467-9 рекомендуется наносить в один – три перекрестных слоя, которые будут достаточны для заполнения неровностей на поверхности.

Сушка должна соответствовать рекомендациям, указанным в TDS. После высыхания поверхности ее шлифуют более мелким абразивом. Затем необходимо очистить, обезжирить поверхность и нанести либо промежуточный грунт, либо финишное покрытие.

Нанесение грунтов-выравнивателей Primer Surfacer 10P30-8 / 464-3-1 / 467-9 для заполнения неровностей возможно с помощью распыляющей форсунки диаметром минимум 2,2 мм (или 6,18 мм при безвоздушном распылении). Для достижения наивысшего результата желательно нанести промежуточный грунт перед нанесением финишного покрытия.

Замечания:

- старое покрытие должно быть удалено до поверхности композитной детали с последующим обезжириванием, как указано на предыдущем примере;

- заполнение трещины необходимо производить ремонтным составом для композитов в соответствии с рекомендациями, разработанными авиастроительными компаниями. По рекомендациям авиафирмы Boeing (EY-3804/BMS 8-301H type 2) важное значение имеет ремонтный состав для композитов, который будет заполнять трещины и предотвращать проникновение воды, а также предотвращать более серьезные повреждения, являющиеся производными от этих микротрещин;

- просушивание поверхности и последующее шлифование следует вести абразивом градацией P180 – P220. Процесс шлифования должен быть проведен достаточно осторожно, что снизит риск прошлифовывания композитной детали;

- удалять пыль от шлифования необходимо сжатым воздухом и липкой салфеткой task-rag;

- затем следует нанести порозаполнитель Apply pinhole filler C28/1, затем грунт или грунт-выравниватель, токопроводящий грунт и эмаль, следуя рекомендациям, указанным в технических паспортах на эти покрытия;

- различные эмали могут быть нанесены на грунт или на токопроводящее покрытие в соответствии с рекомендациями TDS и гарантией совместимости продуктов нанесения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гусева, Р. И. Технологии изготовления изделий из полимерных композитов в самолетостроении : учеб. пособие / Р. И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО "КНАГТУ", 2008. – 127 с.
2. Лакокрасочные системы. Презентация. Akzo Nobel Aerospace Coatings Training Center, 2006. – 48 с.