

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАМАСЛИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КМУ НА АДГЕЗИЮ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ РЕШЁТЧАТОГО НАДРЕЗА

© 2016 А.А. Пикалов

Ульяновский государственный университет

Статья поступила в редакцию 21.10.2016

Актуальность проблемы исследования обусловлена необходимостью пересмотра ограничения для использования импортных синтетических смазочных материалов при обработке авиационных конструкций, состоящих из смешанных пакетов материалов КМУ-Ti-Al, сверлильными машинами с автоматической подачей (СМАП) и при ручной разделке.

Ключевые слова: метод решётчатого надреза, композиционный материал на основе углепластика (КМУ), смешанные пакеты, минимальное количество смазки (MQL), сверлильные машины с автоматической подачей (СМАП).

ВВЕДЕНИЕ

Использование современных CAD/CAM-систем для проектирования и подготовки производства, а также применение эффективного автоматизированного оборудования при изготовлении агрегатов современного планера из смешанных пакетов материалов КМУ-Ti-Al позволяют минимизировать объем механической обработки отформованных деталей из КМУ.

Несмотря на достигнутый высокий уровень интегрированности таких конструкций, сборными, по-прежнему, являются их узлы и отсеки. Сборка конструкций из смешанных пакетов выполняется с использованием импортного крепежа различных видов (заклёпок, болтов, болт-заклепок и пр.), требующих получения отверстий высокого качества.

Учитывая значительные габариты агрегатов планера современных, прежде всего, пассажирских самолетов, количество крепежа, устанавливаемого в процессе сборки, составляет десятки тысяч штук. Соответственно, такое же количество отверстий с требуемыми геометрическими, точностными и качественными параметрами должно быть выполнено в собираемых конструкциях, которые, кроме деталей из КМУ, содержат элементы, изготовленные из титановых и алюминевых сплавов (1).

Опытно-конструкторские работы (ОКР) по разделке отверстий в образцах из смешанных пакетов КМУ-Ti-Al, имитирующих пакеты конструкций хвостового оперения перспективного авиалайнера, показали, что образование отверстий в пакетах, содержащих Ti, практически невозможно без применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), либо приводит к суще-

ственному удорожанию сверления из-за крайне низкой стойкости инструмента, используемого без смазки и охлаждения. Изучение зарубежного опыта показало, что оптимальным решением для разделки отверстий в смешанных пакетах, осуществляемой непосредственно на стапеле в условиях агрегатно-сборочного производства (АСП), являются сверлильные машины с автоматической подачей (СМАП). Для доставки СОЖ в зону обработки применяется специальный режущий инструмент (РИ) с внутренними маслоканалами. Это позволяет охлаждать РИ изнутри и минимизировать впитывание СОЖ в КМУ, так как СОЖ подаётся в рабочую зону в виде воздушно-смазочной взвеси (тумана) – MQL (minimum quantity lubrication). Определённое количество смазки смешивается с воздухом в полости шпинделя СМАП под давлением 3 атм. (рис. 1).

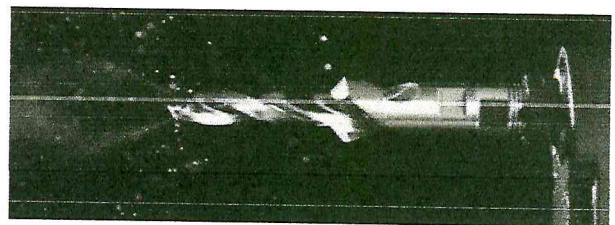


Рис. 1. Воздушно-смазочный туман (MQL)

Механизм действия СОЖ многообразен, поэтому необходимы глубокие всесторонние исследования сложного комплекса различных явлений с использованием оригинальных методик. В настоящее время нет общепризнанной теории, объясняющей многочисленные аспекты механизма действия СОЖ. Исследование сложных и многообразных процессов, происходящих в зоне обработки, затрудняют большие разности температур и давлений в тонких поверхностных слоях, высокие скорости деформаций.

В виду вышеперечисленного, а так же в связи с отсутствием в России теоретических и

Пикалов Антон Александрович, старший преподаватель кафедры «Математическое моделирование технических систем». E-mail: ant663@mail.ru

практических наработок в сфере применения современных смазочных материалов, возникает необходимость в проведении экспериментальных исследований о возможности применения в АСП, при разделке отверстий в смешанных пакетах, импортных смазочных материалов. Необходимо определить смазывающие свойства СОЖ, её влияние на адгезионные и антикоррозионные характеристики всех материалов смешанных пакетов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Одной из причин ограничения применения СОЖ для КМУ является возможное нарушение адгезии (устойчивости к отслаиванию) лакокрасочных покрытий (ЛКП) к поверхности «замащенного» композита. В настоящей статье описывается ход проведения испытаний по определению влияния замазывания поверхности деталей из КМУ на адгезию ЛКП методом решётчатого надреза (прямоугольная решётка).

Сущность метода заключается в нанесении на готовое ЛКП решётчатого надреза и визуальной оценке состояния покрытия по схеме:

- выдерживает испытание / не выдерживает испытание
- испытание, в ходе которого определяют адгезию по четырёх- или шестибальной классификации.

Метод может быть применен как в лабораторных условиях при использовании специально подготовленных образцов, так и в полевых условиях.

Для проведения испытания на адгезию решётчатым надрезом готовят две пластины из КМУ размером не менее 60x150 мм и толщиной не менее $(0,9 \pm 0,1)$ мм. На подготовленные пластины наносят лакокрасочный материал или гидроизоляцию и после сушки определяют толщину покрытия не менее чем на трех участках поверхности испытуемого образца, при этом различие в толщине покрытия гидроизоляции или краски по длине образца не должно превышать 10 %.

На каждом испытуемом участке поверхности образца, на расстоянии от края не менее 10 мм,

адгезиметром (резак однолезвийный или роликовый многолезвийный) по металлической линейке делают не менее шести параллельных надрезов до КМУ длиной не менее 20 мм на расстоянии 1, 2 или 3 мм друг от друга. Скорость резания (проведения решётчатого надреза) должна составлять от 20 до 40 мм/с. Аналогичным образом делают надрезы в перпендикулярном направлении. В результате на покрытии образуется решетка из квадратов одинакового размера. Расстояние между соседними надрезанными решетками должно быть не менее 20 мм.

Размер единичного квадрата надреза решетки должен быть указан в нормативно-технической документации на испытуемый лакокрасочный материал. При отсутствии таких указаний на покрытия толщиной менее 60 мкм наносят решетку с единичным квадратом размером 1x1 мм, на покрытия толщиной от 60 до 120 мкм - 2x2 мм, на покрытия толщиной от 120 до 200 мкм - 3x3 мм.

Контроль прорезания решётчатого надреза покрытия до КМУ осуществляется при помощи лупы. После нанесения решётчатых надрезов для удаления отслоившихся кусочков покрытия проводят мягкой кистью по поверхности решетки в диагональном направлении по пять раз в прямом и обратном направлении. Адгезию покрытия методом решётчатого надреза оценивают в соответствии с табл. 1, используя при необходимости лупу.

За результат испытания адгезии принимают значение адгезии в баллах, соответствующее большинству совпадающих значений, определенных на всех испытуемых участках поверхности двух образцов, подвергнувшихся решётчатому надрезу. При этом расхождение между значениями адгезии не должно превышать 1 балл.

При расхождении значений адгезии, превышающем 1 балл, испытание на решётчатый надрез повторяют на том же количестве образцов, и принимают среднее округленное значение, полученное по четырем образцам, за окончательный результат. При равной повторяемости двух значений адгезию оценивают по большему значению.

Таблица 1. Классификация определения адгезии методом решётчатых надрезов

Балл	Описание поверхности ЛКП (после нанесения надрезов в виде решётки)
1	Края надрезов полностью гладкие, нет признаков отслаивания ни в одном квадрате решетки
2	Незначительное отслаивание покрытия в виде мелких чешуек в местах пересечения линий решетки. Нарушение наблюдается не более, чем на 5 % поверхности решетки
3	Частичное или полное отслаивание покрытия вдоль линий надрезов решетки или в местах их пересечения. Нарушение наблюдается не менее, чем на 5 % и не более, чем на 35 % поверхности решетки
4	Полное отслаивание покрытия или частичное, превышающее 35 % поверхности решетки

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Цель испытаний:

Определить влияние замасливания поверхности детали из КМУ на адгезию ЛКП, в том числе изменение адгезии при разных интервалах времени между замасливанием и окраской, учитывая информацию о биоразложении смазок.

Объект испытаний:

- Материал образцов: КМУ на основе Hexply M21/34%/UD194/IMA (покрытый стеклотканью)
 - Габаритные размеры: 310x400x50 мм
 - Количество образцов: 2 шт.
 - Смазка синтетическая ACCU-LUBE LB-5000 компании ROCOL (США)*
 - Смазка синтетическая ALUMICUT 659 компании SETRAL CHEMIE (Германия)*
 - Система покрытий PPG Aerospace для внешней окраски самолёта
- * применяются в автономных смазочных системах СМАП

Образцы для испытаний:

- Образец №1 предназначен для работы со смазкой ACCU-LUBE LB-5000
- Образец №2 предназначен для работы со смазкой ALUMICUT 659
- Работы, выполняемые с Образцом №1 и Образцом №2 идентичны по содержанию

Зонирование образцов и разделка отверстий:

- Каждый образец разделён на 4 зоны с помощью малярной ленты
- Пронумерованы зоны от 1 до 4 на тыльной части образцов цветным маркером
- Вскрыты отверстия диаметром 8 мм в Зонах 2, 3 и 4 (отверстия вскрыты с помощью СМАП без смазки)

Нанесение смазки:

- На поверхности Зон 2, 3 и 4 Образца №1 равномерным слоем кистью нанесена смазка ACCU-LUBE LB-5000
- На поверхности Зон 2, 3 и 4 Образца №1 равномерным слоем кистью нанесена смазка ALUMICUT 659
- Замасленные поверхности протёрты чистой хлопчатобумажной салфеткой

Внимание: Попадание смазки на Зону 1 не допускалось, поверхность была защищена от попадания смазки (рис. 2).

Сроки окраски зон:

- Зоны 1 и 2 Образцов №1 и №2 окрашивались одновременно через 2 суток после нанесения смазки (рисунок 3)
- Зоны 3 Образцов №1 и №2 окрашивались одновременно через 7 суток после нанесения смазки
- Зоны 4 Образцов №1 и №2 окрашивались одновременно через 30 суток после нанесения смазки

Проверка адгезии:

- Через 2 суток после окраски Зон 1 и 2 Образ-

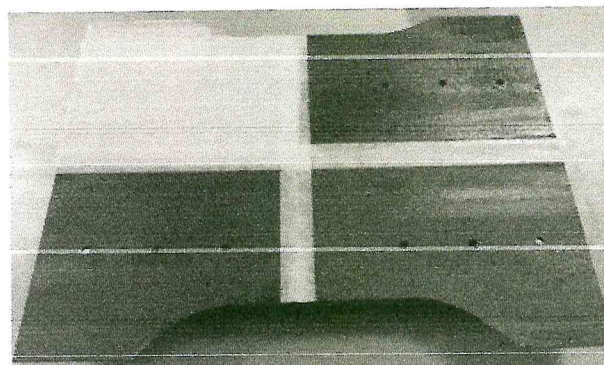


Рис. 2. Образец после нанесения смазки

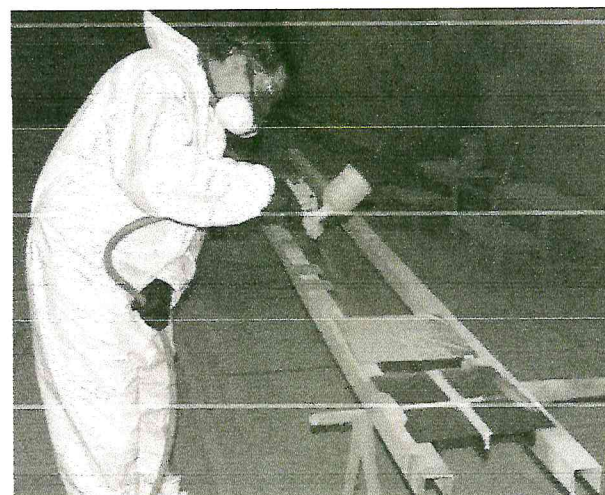


Рис. 3. Окраска образцов

цов №1 и №2 выполнена проверка адгезии ЛКП по данным зонам методом решётчатого надреза по шестибальной шкале согласно техническим требованиям на окраску внешних поверхностей самолёта

- Через 2 суток после окраски Зоны 3 Образцов №1 и №2 выполнена проверка адгезии ЛКП по данной зоне
- Через 2 суток после окраски Зоны 4 Образцов №1 и №2 выполнена проверка адгезии ЛКП по данной зоне (рис. 4)

Примечание: по ГОСТ 15140 допускается проводить испытания и оценку состояния покрытия с помощью четырёхбалльной шкалы (2)

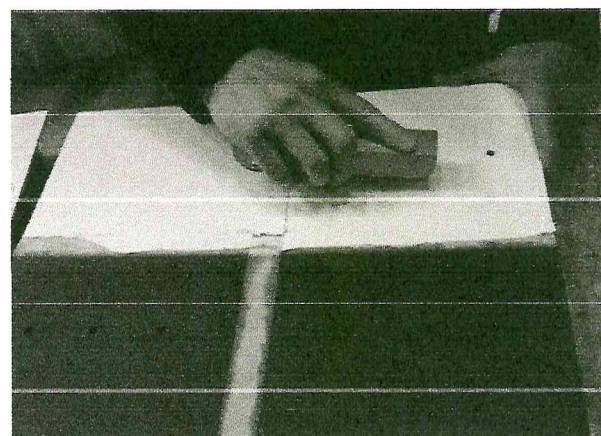


Рис. 4. Проверка адгезии поверхности образцов к ЛКП

Таблица 2. Результаты проверки адгезии образцов

Зона	Адгезия, балл	
	Образец №1	Образец №2
1	1	1
2	1	1
3	2	2
4	1 (участок без отверстия) 2 (участок с отверстием)	1 (участок без отверстия) 2 (участок с отверстием)

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проверка адгезии проводилась методом решётчатого надреза по ГОСТ 15140. Результаты проверки занесены в табл. 2.

Согласно ГОСТ 15140 при адгезии ЛКП в 1 балл края надрезов полностью гладкие, нет признаков отслоения ни в одном квадрате решётки. При адгезии в 2 балла наблюдается незначительное отслаивание покрытия в виде мелких чешуек в местах пересечения линий решётки, нарушение наблюдается не более чем на 5 % поверхности решётки.

Адгезию в 1 балл (рис. 5) имеет лакокрасочное покрытие:

- в Зоне 1 (не обработанная смазкой) на обоих образцах

- в Зоне 2, окрашенной через 2 суток после обработки смазкой ACCU-LUBE LB-5000 Образца №1 и смазкой ALUMICUT 659 Образца №2

- в Зоне 4 на обоих образцах, окрашенной через 30 суток после замасливания на ровном участке (без отверстий)

Адгезию в 2 балла (рис. 6) имеет лакокрасочное покрытие:

- в Зоне 3, окрашенной через 7 суток после замасливания

- в Зоне 4 на обоих образцах, окрашенной через 30 суток после замасливания на участке с отверстием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные испытания показали, что замасливание поверхности деталей из КМУ синтетическими смазками ACCU-LUBE LB-5000 и ALUMICUT 659, которые применяются в автономных смазочных системах СМАП, не оказывают критического влияния на адгезию к лакокрасочному покрытию для внешней окраски самолёта компании PPG AeroSpace. Полученные результаты могут служить одной из предпосылок к пересмотру ограничений для использования синтетических смазок при разделке отверстий в смешанных пакетах КМУ-Ti-Al с применением СМАП и при ручной разделке.

При проведении испытаний методом решётчатого надреза учитывалось изменение адгезии при разных интервалах времени между замасливанием и окраской, учитывая информацию о биоразложении смазок.

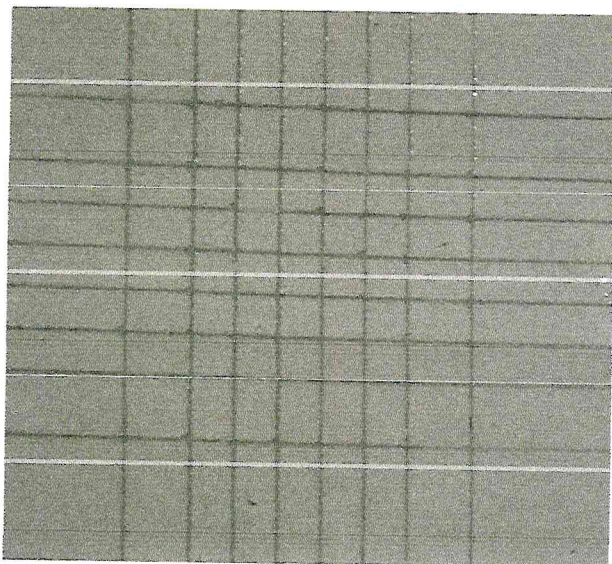


Рис. 5. Адгезия в 1 балл

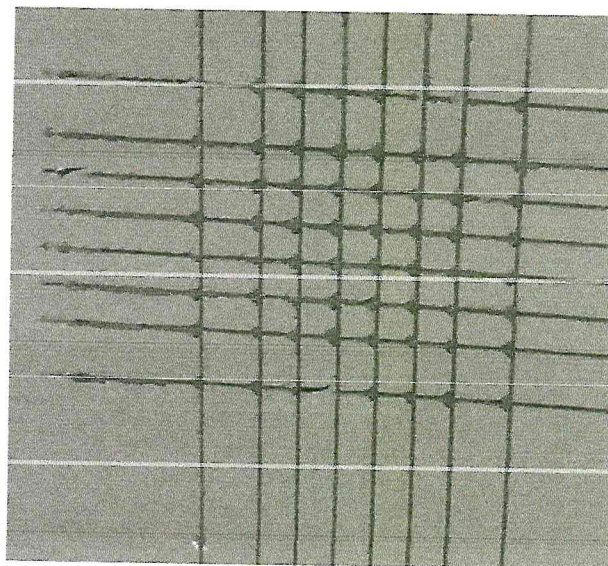


Рис. 6. Адгезия в 2 балла

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа экспериментальных исследований по отработке технологии образования отверстий под крепёж. УкрНИИАТ, 2011
2. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.

DETERMINATION OF THE ADHESION OF PAINT MATERIALS APPLIED TO COMPOSITES LUBRICATED SURFACE BY CROSS-CUT METHOD

© 2016 A. A. Pikalov

Ulyanovsk State University

The relevance of the research problem is caused by the need to develop of technologies for the use of synthetic lubricants in the processing of aircraft structures which consists from mixed stack of materials using advanced drilling units (ADU).

Keywords: cross-cut method, carbon fiber reinforced plastic (CFRP), mixed stack, minimum quantity lubrication (MQL), advanced drilling units (ADU).