

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Колесникова Алексея Владимировича**

«Пневмотермическая формовка

трёхслойных клиновидных панелей из титановых сплавов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов

Актуальность темы. В конструкции планера современных летательных аппаратов возрастает доля титановых сплавов, обеспечивающих высокую весовую эффективность конструкции. Однако, титановые сплавы обладают низкой деформационной способностью, плохой обрабатываемостью резанием и другими параметрами, ухудшающими их технологичность.

В диссертационной работе Колесникова А.В. рассматривается перспективный технологический процесс пневмотермической формовки совмещенный с диффузионной сваркой (ПТФ/ДС), который позволяет изготавливать многослойные конструкции сложной формы из титановых сплавов за один производственный цикл.

Автором установлены основные закономерности процесса пневмотермической формовки клиновидных трёхслойных конструкций в режиме сверхпластичности на основе исследования механики процесса, разработан метод определения конструктивно-геометрических параметров трёхслойных панелей, позволяющий прогнозировать условия бездефектной формовки.

Также автором получены важные практические результаты, выраженные в разработке методики определения технологических параметров изготовления трёхслойных клиновидных панелей совмещенным технологическим процессом ПТФ/ДС в зависимости от конструктивно-геометрических параметров заполнителя, фактических свойств сверхпластичности титановых сплавов. Предложена методика расчёта параметров заполнителя трёхслойных клиновидных панелей с обеспечением равномерности заполнителя, а также предложены технологические способы изготовления многослойных конструкций переменной высоты методом ПТФ/ДС, обеспечивающие бездефектное производство панелей.

В связи с этим диссертационная работа Колесникова А.В. представляется весьма своевременной и актуальной.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечена использованием современных методик и средств проведения исследований. Применены методики теоретических исследований, основанные на известных положениях теории пластичности и общепринятых допущениях теории листовой штамповки.

В своей работе диссертант ссылается на известные достижения и теоретические положения других авторов в области расчёта параметров формовки многослойных конструкций на этапах подготовки производства, а также анализа путей борьбы с возникновением дефектов формовки таких конструкций, изготавливаемых ПТФ/ДС.

При проведении исследований использована известная система моделирования и инженерного анализа MSC «Marc», хорошо зарекомендовавшая себя в авиационной отрасли. Свойства сверхпластичности титановых сплавов, закладываемые при моделировании процесса, получены в результате испытания материалов на двухосное растяжение. Автором проведена виртуальная отработка процесса формообразования панели, позволяющая учесть весь комплекс взаимозависимостей и закономерностей, влияющих на формовку трёхслойных титановых панелей при различных комбинациях конструктивно-геометрических параметров заполнителя и свойств титановых сплавов, которая была подтверждена серией натуральных экспериментов.

Практическая значимость работы. Разработанные автором математические зависимости позволяют выбирать метод изготовления многослойных панелей из титановых сплавов с учетом заданных конструктивно-геометрических параметров заполнителя. Создана программная реализация разработанной методики расчёта параметров формовки трёхслойных клиновидных панелей в программе «Assembler», которая позволяет автоматизировать расчёт технологических параметров формовки заполнителя.

В результате выполненных работ определены свойства сверхпластичности ряда титановых сплавов, которые необходимы для расчёта технологических параметров формовки трёхслойных панелей.

Использование предложенного алгоритма выбора способа изготовления трёхслойных панелей и расчёта параметров формовки способствует сокращению цикла технологической подготовки производства и технологического процесса изготовления изделия.

Предложенные автором рекомендации по проектированию клиновидных трёхслойных конструкций позволят снизить трудоёмкость

проектирования конструкции, а также повысить объективность принятия конструкторских решений.

Научная новизна положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, не вызывает сомнений.

К новым результатам, которые определяют теоретическую и практическую значимость диссертации, относятся следующее:

1. Автором установлены основные закономерности процесса пневмотермической формовки клиновидных трёхслойных конструкций в режиме сверхпластичности на основе исследования механики и особенностей процесса. Это позволяет учесть переменность высоты панелей при расчёте параметров пневмотермической формовки и учесть соблюдение режима сверхпластической формовки каждого из ребер. Для обеспечения состояния сверхпластичного формоизменения предложено проектировать клиновидные панели с постоянной относительной высотой ребер.

2. Особого внимания заслуживает разработанный автором метод определения конструктивно-геометрических параметров трёхслойных панелей, обеспечивающий их бездефектное изготовление. Для этого была определена зависимость соотношения толщин обшивки и заполнителя от относительной высоты ребер панели, определяющая рекомендуемую зону выбора параметров заполнителя и обеспечивающая бездефектную формовку.

3. В работе предложен алгоритм выбора способа формовки в зависимости от конструктивных параметров панелей для предотвращения возникновения дефектов: пневмотермическая формовка в жёсткую матрицу, формовка с механическим подпором обшивки, формовка с помощью противодействия. Для клиновидных трёхслойных панелей разработана методика расчета технологических параметров пневмотермической формовки с учетом способа изготовления.

Основные результаты исследования докладывались на научных конференциях международного, всероссийского и местного уровня и опубликованы в 9 печатных работах, из них 6 – в ведущих рецензируемых изданиях ВАК.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе не указан тип конечного элемента, используемого при моделировании процесса формовки трёхслойных панелей. Не освещен вопрос обоснованности выбора типа конечного элемента, а также в чём отличие и преимущества этого типа элемента от других.

2. В работе предложен способ формовки панели с подпором обшивки дополнительным технологическим листом для недопущения образования дефектов формовки (утяжин). Однако не выведена зависимость для определения толщины технологического листа. Не ясно, есть ли возможность определить эту зависимость, полагаясь на имеющиеся выводы в диссертационной работе.

3. В экспериментальной части представлены результаты формовки трёхслойных панелей с соотношением толщин $S_0 / S_{30} = 2$. Не представлены натурные эксперименты с другими значениями соотношения толщин, так как в работе рассмотрен диапазон соотношения толщин от 0,5 до 2,5.

Отмеченные недостатки несколько снижают качество работы, но не влияют на главные научные и практические результаты диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Комплекс аналитических и экспериментальных исследований, рассмотренных в диссертации, эффективное внедрение результатов исследований в производство подтверждают, что представленная диссертация является законченной научно-исследовательской работой на актуальную тему, выполненная автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать их как решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей области знаний. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. В работе приведено достаточное количество исходных данных, примеров и расчетов. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны чёткие выводы.

2. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в научной печати. Автореферат соответствует тексту диссертации и достаточно полно отражает её содержание. Качество оформления диссертации и автореферата отвечает требованиям к оформлению научно-технической документации.

3. Содержание диссертация соответствует специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

На основании изложенного выше считаю, что диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на

соискании учёной степени кандидата технических наук, а ее автор,
Колесников Алексей Владимирович, заслуживает присуждения ему учёной
степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент
Заведующий кафедрой «Самолётостроение»
Воронежского государственного
технического университета
доктор технических наук, профессор



25.12.14

В.И. Корольков

Подпись официального оппонента заверяю

