

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА НАГРУЖЕНИЯ НА ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ТРЕХСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПО МЕТОДУ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

А. Х. Ахунова, Ф. Ф. Сафин¹

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН,
¹Уфимский государственный авиационный университет,
г. Уфа, Россия

Надёжность работы узлов и деталей современных летательных аппаратов (ЛА) определяется условиями контроля их качества на стадии изготовления, и в процессе их эксплуатации. В большинстве случаев используют так называемые неразрушающие способы контроля, позволяющие определить наличие или отсутствие в материале тех или иных дефектов, косвенно характеризующих их прочность и надёжность. Одним из методов неразрушающего контроля является метод цифровой голографической интерферометрии (ЦГИ), согласно которому с помощью лазерного излучения на цифровую видеокамеру регистрируются два (или более) голографических изображения исследуемого объекта, соответствующие различным фазам процесса деформирования поверхности под действием внешней нагрузки. Путём цифровой обработки поле разности фаз может быть преобразовано в поле перемещений поверхности объекта, которые произошли в промежутке между первой и второй экспозициями. Основными преимуществами метода является бесконтактность, высокая чувствительность к перемещениям (доли микрона), возможность проведения измерений одновременно по всей поверхности изделия, возможность проведения измерений независимо от формы и материала изделия.

Основной задачей неразрушающего контроля с использованием метода ЦГИ является поиск скрытых дефектов, которые могут быть связаны с изменением сплошности материала или геометрии поверхности. Влияние дефекта на вид получаемых интерференционных картин (по сравнению с идеальной конструкцией) позволяет осуществлять контроль на основе качественного анализа интерферограммы не прибегая, в большинстве случаев, к ее количественной обработке, что имеет большое значение при использовании метода в промышленных целях.

Особый интерес для авиации и космонавтики представляют позволяющие снизить

вес ЛА трехслойные полые конструкции, состоящие из обшивок и образующего ребра жесткости гофрированного заполнителя, изготавливаемые из листовых двухфазных титановых сплавов с использованием сверхпластической формовки (СПФ) и сварки давлением (СД). Наличие дефектов в таких конструкциях может привести к разрушению всей детали или узла ЛА. Поэтому, актуальным является развитие методов неразрушающего контроля готового изделия.

В работе рассматривались три вида нагружения трехслойной конструкции в упругой области – внутреннее давление, изгиб и кручение. Исследовались идеальная конструкция и конструкции с четырьмя видами дефектов – непровар в зоне сварки обшивки и заполнителя (по малой и большой площади), утонение и разрыв ребра жесткости конструкции.

Математическое моделирование выполнялось на базе универсального комплекса DEFORM-3D. Трехслойная конструкция имела вид пакета, состоящего из трех листовых заготовок, две из которых являлись заготовками обшивок, а одна – заготовкой заполнителя (рисунок 1).

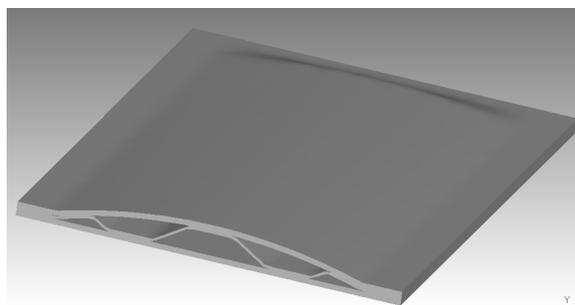


Рисунок 1 – МКЭ – модель трехслойной конструкции в разрезе

Давление газа при нагружении внутренним давлением составляло 1МПа. При изгибе защемлялся один торец конструкции, на другой прикладывались две силы в 1 Н. При кру-

чении силы были разнонаправлены.

Надежность выявления дефектов с использованием трех видов нагружения определялась с помощью трехслойных конструкций, в которые были внесены дефекты в виде непровара по малой и большой площади на нижней обшивке в зоне сварки с наполнителем, а также утонение и разрыв ребра.

Результаты моделирования показали, что из всех трех видов нагружения, наиболее информативным является нагружение внутренним давлением. Данный вид нагружения позволяет определять все рассмотренные

дефекты, в то время как при нагружении изгибом или кручением дефекты себя заметно не проявляют.

Выявлено, что нагружение внутренним давлением конструкции с дефектом вызывает образование характерных полей перемещения поверхности обшивок, таких как огибание полосами области на нижней обшивке (дефект «непровар») (рисунок 3, а) и возникновении полей с максимальными значениями перемещений на верхней обшивке (дефект «утонение» и «разрыв» ребра) (рисунок 3, б). На рисунках выделены области с дефектами.

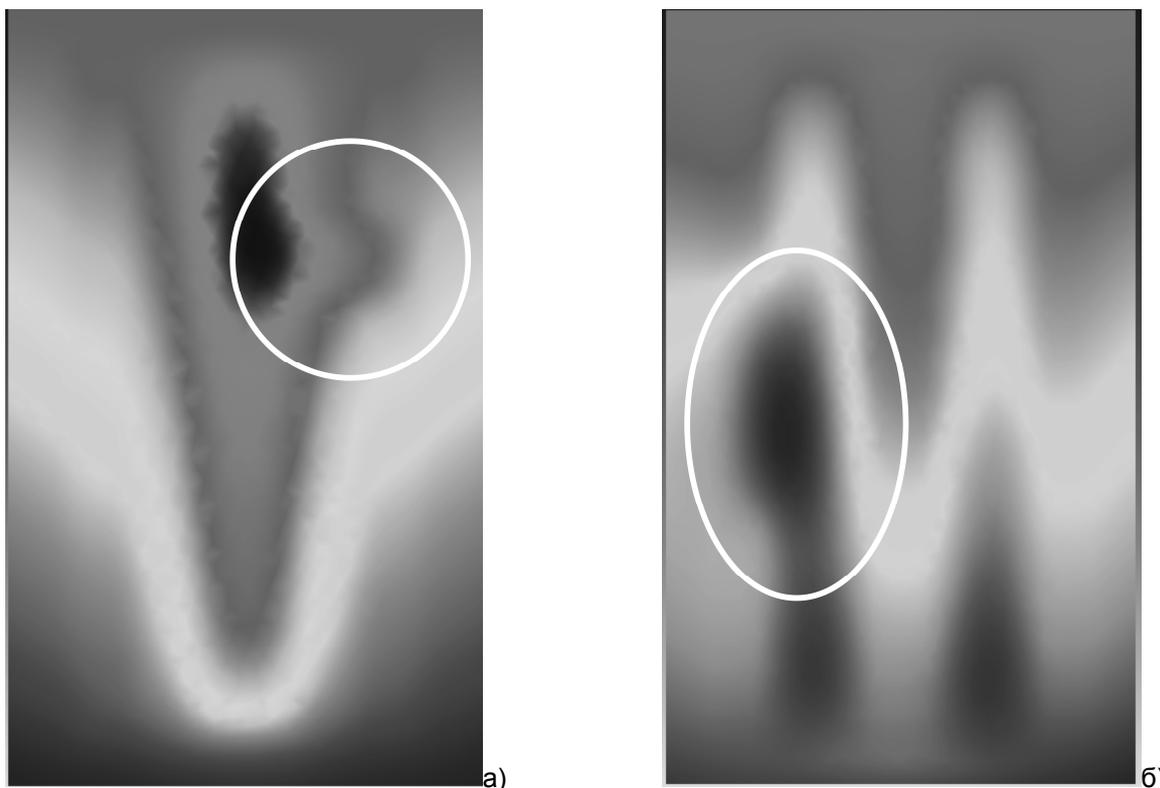


Рисунок 2 – Поля перемещений поверхности обшивок, полученные в результате моделирования: а) - нижняя обшивка (дефект «непровар») и б) верхняя обшивка (дефект «разрыв ребра»)

Полученные в работе результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Проведен расчет полей перемещений трехслойной полый конструкции с наличием и отсутствием дефектов (непровар, утонение ребра, разрыв ребра) при трех способах нагружения (внутреннее давление, изгиб и кручение).

2. Для получения информации о наличии дефектов в элементах конструкций методом ЦГИ целесообразно использовать нагружение внутренним давлением, поскольку при нагружении изгибом и кручением рассматриваемые дефекты заметно себя не проявляют.

3. Непровар в зоне сварки обшивки и наполнителя вызывает качественные изменения полей перемещения, а именно, «огибание» дефекта, которое тем существеннее, чем больше область непровара.

4. Утонение и разрыв ребра также ведет к изменению полей перемещения. При этом разрыв ребра вызывает образование зоны с максимальными перемещениями.

Авторы выражают благодарность Дмитрию С. В. за обсуждение результатов работы.