

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной деятельности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», доктор технических наук, профессор

С.А. Михайлов

« 01 » 12 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Ян Наинг Мин на тему: «Применение методов зондирующих отверстий и корреляции цифровых изображений для определения остаточных напряжений в сплавах и композиционных материалах» представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Актуальность и цель диссертационной работы

Композитные материалы получили свое развитие достаточно давно и активно применяются в конструировании самых разных изделий во многих областях техники. Основным преимущественным является малый вес при сохранении той же прочности в сравнении с металлическими материалами. Помимо этого, возможность формировать под ту или иную задачу необходимый пакет слоев также является существенным преимуществом. Однако при технологическом процессе получения образцов и в особенности для слоистых композитных материалов с несимметричной схемой укладки слоев образуются остаточные напряжения. Которые в свою очередь могут привести к появлению дефектов или существенно снизить срок службы изделия. Оценка остаточных напряжений является первостепенной задачей для подобных материалов. Рассматриваемый в диссертационной работе метод, основанный на комбинации двух методов зондирующих отверстий и корреляции цифровых изображений позволяет не только определить уровень остаточных напряжений, но и получить поле распределения остаточных напряжений в рассматриваемом участке, что позволит более детально изучить характер распределения остаточных напряжений, их причину и при

Отдел документационного обеспечения МАИ

« 07 » 12 20 21 г.

необходимости возможные варианты снижения остаточных напряжений в необходимых зонах изделия из композитного материала. Поэтому диссертационная работа, несомненно, выполнена на актуальную тему.

Основной целью диссертационной работы является разработка и применение метода для определения поля распределения остаточных напряжений и деформаций в конструкции с использованием методов зондирующих отверстий и корреляции цифровых изображений для определения остаточных напряжений в сплавах и композиционных материалах. Задача работы состоит в первоначальной апробации предложенного метода, исследовании влияния внешних факторов (света, размера наносимого паттерна) на получаемый результат, применение метода на сварном шве, на полимерных композиционных материалах и на алюмопластиках. Апробация метода проводилась на образцах в условии одноосного растяжения и состояла в сопоставлении перемещений и деформаций, полученных с применением метода корреляции цифровых изображений, с деформациями и перемещениями полученных с тензометрии. В работе исследовались и выбирался наиболее подходящий вариант световой подсветки образца, размер паттерна. Предложенный метод с наиболее подходящими режимами метода корреляции цифровых изображений применялся для определения остаточных напряжений в сварном шве и в композитных материалах.

Научная новизна

Работа посвящена методу определения остаточных напряжений в сплавах и композиционных материалах. Впервые реализовано подобное сочетание метода зондирующих отверстий, метода корреляции цифровых изображений и численного КЭ (конечно элементного) моделирования для решения обратной задачи и идентификации остаточного напряженно-деформированного состояния (НДС) исследуемых образцов. В ходе проводимого исследования были получены новые данные по остаточному НДС в исследованных образцах, металлополимерных композитов и сплавов.

Достоверность

При экспериментальных исследованиях использовались стандартные апробированные методики с учетом известных исследовательских работ. Для оценки точности метода корреляции цифровых изображений проводилось сопоставление результатов испытаний при одноосном растяжении образцов из стали и алюминия с и без отверстия.

Все полученные результаты остаточных напряжений, полученные с применением методов зондирующих отверстий и корреляции цифровых

изображений, сравнивались с результатами численного моделирования методом конечных элементов. Численные конечно элементные расчеты проводились с варьированием конечно-элементной сетки для проверки их достоверности.

При разработке аналитических методов расчета применялись методы механики деформируемого твердого тела, теории упругости, механики композиционных материалов, теории дифференциальных уравнений.

Рецензируемая диссертация изложена на 117 страниц, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 114 источников.

Введение содержит краткую характеристику работы, актуальность темы исследования и степень ее разработанности, сформулирована и описана цель и задачи диссертационного исследования, определены объект и предмет исследования, обоснованы научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава содержит обзор существующих способов определения остаточных напряжений и деформаций. В ней представлены результаты выполненного литературного и патентного обзора отечественных и зарубежных публикаций по научной тематике работы.

Вторая глава посвящена выбору экспериментальных образцов, а также описаны методы их получения и используемые материалы. Для исследования уровня остаточных напряжений использовались тестовые образцы из сплавов, а также из металлокомпозитных и полимерных композиционных материалов. В алюминиевом сплаве исследовались остаточные напряжения, возникающие в сварном шве, а в композитных образцах остаточные напряжения присутствовали вследствие несимметричной схемы армирования.

Третья глава посвящена методике измерений остаточных напряжений, основанная на методе корреляции цифровых изображений. Отмечается, что фотоизображения и видеок cadры применяются для анализа широкого круга прочностных, газодинамических, материаловедческих задач. Показано, что получаемое двухмерное изображение позволяет качественно отслеживать картину исследуемых процессов, но без соответствующей математической обработки данных фотоснимков нельзя судить о количественных параметрах происходящих процессов в исследуемых объектах.

Четвертая глава посвящена численному моделированию и развитию методики для более точного и детального изучения остаточных напряжений в образце. В частности, для количественной оценки остаточных напряжений в

образце проводилось решение обратной задачи в среде COMSOL с использованием численного конечно-элементного моделирования на базе метода Монте-Карло и Нельдера-Мида. В ходе реализации вычислительного эксперимента при моделировании воспроизводилась та же геометрия области, в которой проводится анализ изображения.

Результаты, полученные в каждом разделе работы, кратко изложены в выводах, содержащихся в конце соответствующего раздела. Кроме того, имеется общее заключение по всей диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. Позволяет ли используемая программа анализа цифровых изображений строить графики распределения деформаций по поверхности образца?

2. Не в полном объеме показаны особенности калибровки фото-видеоисystems (расстояние до объекта, фокусировка, уровень освещения).

3. При анализе НДС образцов не указан выбранный критерий прочности разрушения материала.

4. До применения метода зондирующих отверстий образцы рекомендовано исследовать на наличие внутренних дефектов с применением неразрушающего контроля так как подобные дефекты могут привести к получению недостоверных результатов.

5. При исследовании влияния размера паттерна следовало не только рассматривать диапазон размера наносимых точек, но и процент заполненной области.

6. На рис. 4.10-4.15 не представлена единица измерения для полученных результатов, что затрудняет прочтение результатов.

Заключение


Рассмотренная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая проблема. Новизна полученных результатов, их достоверность и практическое значение сомнений не вызывают. Сформулированные замечания относятся больше к форме изложения, а не к сути проделанной работы и не изменяют общего положительного отношения к диссертации. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, рецензируемая диссертация удовлетворяет все критериям, установленным Положением «О присуждении ученых степеней», а ее автор Ян Наинг Мин заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Машиноведения и инженерной графики» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ» им. А.Н. Туполева 1 декабря 2021 г., протокол № 9.

Отзыв составил:

Доктор технических наук,
профессор кафедры
«Машиноведения и
инженерной графики»
Казанского национального
исследовательского
технического университета
им. А.Н.Туполева–КАИ

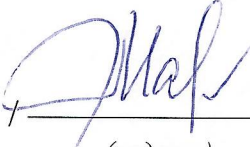

/ _____ /
(подпись)

Митряйкин В.И.
(фамилия, имя, отчество)


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
Адрес: Россия, 420111, г. Казань, ул. Карла Маркса, 10
E-mail: kai@kai.ru, факс: +7 (843) 236-60-32,
Тел. +7 (843) 231-01-09

Подпись профессора, доктора технических наук Митряйкина Виктора Ивановича удостоверяю:

Директор Института
авиации, наземного
транспорта и энергетики
КНИТУ-КАИ им. А.Н.
Туполева, к.т.н., доцент


/ _____ /
(подпись)

Магсумова А.Ф.
(фамилия, имя, отчество)

Подпись 
заверяю. Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ
