



Акционерное общество
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
(АО «НПО Лавочкина»)

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402, ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566
тел.: +7 (495) 573-56-75, факс: +7 (495) 573-35-95, e-mail: npol@laspace.ru, www.laspace.ru

05 ИЮН 2024

«___» _____ 20__ г.

№

574/12144

На № _____

от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д24.1.508.01
ФГБУН ИПРИМ РАН
к.т.н Ю.В. Корневу

125040, г. Москва,
Ленинградский проспект, 7, стр.1

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Шарунова Алексея Валерьевича на тему
«Разработка методов анализа термомеханического поведения элементов
азрокосмических конструкций из сплавов с памятью форм»,
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела».

Диссертационное исследование Шарунова А.В. посвящено описанию термомеханического поведения толстостенных цилиндрических соединительных муфт из никелида-титана в рамках явлений мартенситной неупругости (МН) и прямого мартенситного превращения (ПМП). Данные явления используются при задании начальной деформации активному элементу конструкции из сплавов с памятью формы (СПФ), и без решения отмеченных проблем проектирование конечного изделия является невозможным. Большинство известных работ по СПФ посвящены либо экспериментальным данным, либо моделированию термомеханического поведения данных материалов в рамках изотермических процессов. Это связано с тем фактом, что описание

ПОЛУЧЕНО

ИПРИМ РАН

бх. №91
от 13.06.2024

процесса деформирования даже простейших элементов конструкций, выполненных из СПФ является крайне сложной задачей ввиду уникальности свойств этих материалов и вытекающей объективной сложности систем определяющих соотношений. Однако для решения реальных прикладных задач необходимо уметь воспроизводить термомеханический отклик активных элементов таких конструкций в рамках как изотермических, так и неизотермических процессов, а также определять НДС тела в процессе его деформирования. В связи с этим, актуальность и практическая ценность диссертационного исследования сомнений не вызывает.

Для получения численного решения отмеченных задач, автором работы были разработаны программные модули, успешно интегрированные в программный комплекс конечно элементного моделирования Simulia Abaqus. Разработанные программные модули построены на основе определяющих соотношений модели нелинейного деформирования СПФ при фазовых и структурных превращениях. Такой выбор является обоснованным, поскольку используемая модель является всесторонне верифицированной в части описываемых характерных для СПФ явлений.

Следует отметить теоретическую значимость работы, поскольку автором была проведена процедура модернизации рассматриваемой модели на случай учета влияния вида напряженного состояния на поведение этих материалов. Суть данного явления заключается в существенном несовпадении диаграмм деформирования в пространстве интенсивностей напряжений – деформаций при одноосном растяжении и сжатии образцов из изотропных СФП типа нитинола. Для разработки методов анализа термомеханического поведения элементов конструкций из СПФ, автором работы была произведена процедура аналитического обращения модифицированных определяющих соотношений с учетом влияния изменения вида напряженного состояния на приращение параметра фазового состава. Причем данное взаимовлияние установлено автором в процессе численного моделирования неизотермических процессов, протекающих в толстостенных муфте и сфере из СПФ. Кроме того, в рамках

диссертационного исследования автором впервые установлен эффект перенапряжения на внутренней поверхности муфты из СПФ в процессе охлаждения через интервал температур прямого мартенситного превращения под действием постоянного давления. Показано, что данное явление связано с движением по материалу фронта завершения фазового перехода, что свидетельствует о необходимости моделирования процесса ПМП в трехмерной постановке, то есть рассматривать функциональный элемент как толстостенный объект. Принятие гипотез о тонкостенности рассматриваемых конструкций может привести к существенной погрешности получаемых результатов.

Представленные в автореферате результаты исследования структурированы и проанализированы, имеют понятный вид, а разработанные программные модули верифицированы по аналитическим решениям модельных задач в одномерной и двухмерной постановках в части НДС. Тем самым, достоверность полученных в диссертационной работе результатов, равно как и их новизна, сомнений не вызывают.

Однако следует отметить следующие замечания:

1. Гипотеза моделирования процесса в трехмерной постановке мало проработана. Данное предложение автора о выполнении моделирования в трехмерной постановке возможно может в какой-то степени объяснить проблемы нестабильности свойств при изготовлении партии деталей, конкретно муфт, что в свою очередь тормозит их использование в реальных условиях.
2. Разработанная модель опирается на довольно идеальные условия, что в натуральных условиях невозможно. Для использования модели производственными технологами вероятно необходимо введение в процесс моделирования дополнительных погрешностей, включая временное влияние самих конечных элементов (релаксацию).

Отмеченные замечания не влияют на фундаментальную ценность диссертации Шарунова А.В. Диссертационное исследование является законченным научным трудом, имеет все элементы нового практически

значимого исследования, основные результаты которого отражены в 16 публикациях автора.

Резюмируя, можно заключить, что диссертация **«Разработка методов анализа термомеханического поведения элементов аэрокосмических конструкций из сплавов с памятью формы»** удовлетворяет всем критериям, установленным Положением «О порядке присуждения учёных степеней». Ее автор, Шарунов А.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 - Механика деформируемого твердого тела.

Начальник отдела,
ученый секретарь НТС,
к.т.н. по специальности 05.07.02 «Проектирование,
конструкция и производство
летательных аппаратов»



04.06.2024

Шаханов А.Е.

Начальник отдела экспериментальной
отработки и внедрения новых материалов



04.06.2024

Богачев В.А.

Подписи заверяю
Заместитель генерального директора
по персоналу и общим вопросам



Шолохова И.В.