



Акционерное общество
«Ведущий научно-исследовательский
институт химической технологии»
(АО «ВНИИХТ»)

Каширское ш., д.33, Москва, 115409
Телефон: (499) 324 61 55 Факс: (499) 324 54 41
e-mail: info@vniiht.ru

17 .11.2018 № 063-02-02/54

На № _____ от _____ г

ФГБОУ ВО

«Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский
университет)» (МАИ)

Учёному секретарю

диссертационного совета

Д 212.125.15, д.т.н. С.В. Скворцовой

ОТЗЫВ

к.х.н., с.н.с. Коцаря Михаила Леонидовича на автореферат диссертации А.В. Бурнаева по теме «Влияние химического состава и структуры никелида титана на характеристики работоспособности термомеханических актуаторов», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (Машиностроение)»

Коцарь М.Л., кандидат химических наук, старший научный сотрудник, начальник лаборатории «Чистых металлов и функциональных материалов» АО «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ»). Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 33, тел. +7(499) 324-01-04*5-44, E-mail: kotsar@vniiht.ru

Представленная диссертационная работа посвящена решению важной научной проблемы – установлению закономерностей влияния химического состава и структуры, формирующейся в процессе обработки полуфабрикатов и изделий из сплавов на основе никелида титана, на характеристики термомеханических актуаторов – исполнительных механизмов, приводимых в действие при изменении температуры. Несмотря на многочисленные исследования, вопросы оптимизации состава и структуры сплавов, а также технологии производства актуаторов различного назначения из сплавов на основе никелида титана остаются открытыми. Закономерности влияния структуры материала и условий испытаний (температуры, схемы и усилий противодействия и т.п.) при термоциклировании в интервале прямого и обратного мартенситных превращений не установлены. Это сдерживает разработку и производство актуаторов, основанных на ЭПФ и характеризует актуальность диссертационной работы А.В. Бурнаева. Она подтверждается также выполнением проекта по теме «Разработка класса биосовместимых функциональных композиционных материалов металл-полимер с эффектом памяти формы и сверхупругостью для медицинских изделий» в соответствии с государственным заданием № 11.2372.2017/ПЧ от 31 мая 2017 г.

Научная новизна работы состоит:

- в установлении связи работоспособности термомеханических актуаторов из материала с памятью формы с критическими напряжениями и деформациями вследствие развития процессов дислокационного скольжения в материале в процессе нагружения и термоциклирования;
- в нахождении связи между увеличением содержания никеля в сплаве, его дисперсионным и/или деформационным упрочнением с ростом критических напряжений.
- в выявлении влияния схемы и параметров противодействия восстановлению формы, генерирующего в материале максимальное напряжение, равное критическому напряжению при термоциклировании, на характеристики работоспособности актуаторов из сплавов на основе никелида титана.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается:

- в установлении влияния химического состава и термической обработки сплавов на критические напряжения и деформации элементов с ЭПФ актуаторов. Диссертантом показано, что их максимальные значения достигаются в сплавах с повышенным (>54,5% по массе) относительно эквивалентного состава содержанием никеля, состаренных при температуре 450°C. Элементы актуаторов в таком состоянии обладают наиболее высокими значениями удельной работы, превышающими 4 МДж/м³;
- в определении связи температурных, деформационных и силовых свойств сплавов на основе никелида титана с характеристиками работоспособности актуаторов на основе элементов с ЭПФ. Установленные закономерности можно использовать при разработке новых функциональных устройств;
- в разработке рекомендаций по выбору состава сплавов на основе никелида титана и технологии их обработки при изготовлении элементов актуаторов различного назначения. Рекомендации успешно опробованы АО КИМПФ в актуаторах с элементами из никелида титана.

Диссертация изложена на 145 страницах машинописного текста и содержит 76 рисунков и 11 таблиц. Она состоит из введения, 5 глав, общих выводов и списка литературы из 103 наименований и приложения.

В первой главе рассмотрены основные области применения материалов с эффектом памяти формы. Показано, что одним из перспективных направлений использования этих материалов является изготовление исполнительных устройств – актуаторов. Рассмотрены физико-механические и структурные особенности проявления эффекта памяти формы, его характеристики и основные этапы производства полуфабрикатов и изделий из сплавов на основе никелида титана, влияющие на структуру и свойства материала. В результате критического анализа достигнутого уровня и недостатков известной технологии сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена описанию объектов, методов и методик исследований. Экспериментальные результаты, представленные в работе, были получены с использованием современных методов исследований: оптической и электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа. Это в совокупности со статистической обработкой данных и многократным воспроизведением экспериментов подтверждает *обоснованность* и *достоверность* полученных автором результатов.

В третьей главе работы проведён теоретический анализ и экспериментальное исследование влияния термической обработки сплавов стехиометрического состава и с повышенным содержанием никеля на их структуру и деформируемость кручением в интервале температур прямого и обратного мартенситного превращения. Исследования показали, что сплав на основе никелида титана с повышенным содержанием никеля, при сочетании в нём деформационного и дисперсионного механизма упрочнения, обладает более высоким уровнем критических напряжений по сравнению со сплавом, близким к стехиометрическому составу. В этом, в том числе, заключается *научная новизна* диссертационной работы А.В. Бурнаева.

В четвёртой главе приведены результаты исследования влияния химического состава и структуры на формоизменение образцов сплавов на основе никелида титана при термоциклировании под нагрузкой. Установлено, что независимо от структурного состояния образцов наблюдаются общие закономерности формоизменения при охлаждении под нагрузкой. Максимальные критические напряжения при термоциклировании (до 130 МПа) и удельная работа (до 7,6 МДж/м³) наблюдаются у образцов из сплава с повышенным содержанием никеля и состаренных при 450-470°С, а максимальная критическая деформация до 11,1% – после отжига при 700°С.

В пятой главе проведён анализ работоспособности актуаторов с элементами из сплавов на основе никелида титана. Установлено, что для обеспечения многократного срабатывания термомеханических актуаторов параметры напряжённо-деформированного состояния элементов из никелида титана не должны превышать значения его критических напряжений и деформаций при термоциклировании. Глава завершается разработкой рекомендаций по выбору состава сплава на основе никелида титана и его обработки для обеспечения высокого уровня характеристик работоспособности термомеханических актуаторов различного назначения. Это подчёркивает *ценность выполненного исследования для науки и практики*.

Всё вышесказанное свидетельствует о *научной и практической значимости* диссертационной работы А.В. Бурнаева. К очевидным достоинствам диссертации следует отнести также использование современных научных методов, глубину теоретических посылок и обоснований.

Основные результаты работы доложены и обсуждены на 9 международных и российских научных конференциях и семинарах. По теме диссертации опубликовано 5 статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, и 9 докладов.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Отсутствие в тексте автореферата сведений о защите созданных технических решений патентами РФ. Это усилило бы Новизну, существенные отличия и положительный эффект от использования результатов работы.

2. Влияние химического состава на механическое поведение сплавов на основе никелида титана рассмотрено только в плане различного содержания никеля в них. Роль примесного фактора, различного для сплавов на основе иодидного и губчатого титана, в работе не обсуждается. Марки титановой губки и электролитического никеля, применявшихся для получения сплавов, автор не приводит.

3. В списке основных публикаций по теме работы (с. 23) отсутствуют библиографические данные 9 докладов на научно-технических конференциях и семинарах.

Представленный на отзыв автореферат А.В. Бурнаева свидетельствует, что диссертация актуальна, содержит решение задачи, имеющей значение для соответствующей отрасли знаний, выполнена достаточно тщательно с методической точки зрения, обладает научной новизной, представляет ценность для науки и практики и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (Машиностроение)»

Начальник лаборатории «Чистых металлов и функциональных материалов» АО «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ») кандидат химических наук, старший научный сотрудник

 М.Л. Коцарь

Подпись к.х.н., с.н.с. Коцаря М.Л. заверяю:

Учёный секретарь АО «ВНИИХТ» к.т.н.

С.Л. Кочубеева





3-МК
М.Л. Коцарь
27.11.2018
Тел. +7(499)324-01-04*5-44