



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)

ул. Мира, 19, Екатеринбург, 620002,
факс: +7 (343) 375-97-78; тел.: +7 (343) 374-38-84
контакт-центр: +7 (343) 375-44-44, 8-800-100-50-44 (звонок бесплатный)
e-mail: rector@urfu.ru, www.urfu.ru
ОКПО 02069208, ОГРН 1026604939855, ИНН/КПП 6660003190/667001001

05-19/11 - 109

№ 01 ОКТ 2019

На № _____

от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»

В.В. Кружаев

01 октября 2019 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Гусева Дмитрия Евгеньевича на тему «Физико-химические принципы управления структурой и свойствами сплавов на основе никелида титана для обеспечения регламентированных характеристик работоспособности функциональных конструкций», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность работы

Сплавы на основе никелида титана, обладают особым термомеханическим поведением проявляющимся в эффекте памяти формы и сверхупругости. Они служат основой для разработки функциональных конструкций, обратимо изменяющих свою форму при термическом или механическом воздействии. Эти уникальные свойства материала обусловлены протеканием в нем термоупругого мартенситного превращения. Механизм и кинетика такого превращения определяет комплекс термомеханических характеристик эффекта памяти формы и сверхупругости.

Целенаправленно изменять эти характеристики возможно управляя химическим составом и структурой материала.

Диссертационная работа Гусева Д. Е. посвящена установлению закономерностей влияния технологий получения полуфабрикатов и их переработки в готовые функциональные конструкции на свойства эффекта памяти формы сплавов на основе никелида титана и характеристики работоспособности изделий, что является несомненной актуальной задачей современного металловедения, имеющей важное практическое значение.

Характеристика научной новизны работы

Достоинством диссертационной работы Гусева Д. Е. является то, что автору удалось подробно исследовать полный цикл производства функциональных конструкций из сплавов на основе никелида титана от выплавки слитка с рассмотрением качества шихтового материала и метода выплавки, термической и деформационной обработки полуфабриката до технологии формообразования изделия и его окончательной термической обработки. На этих этапах были установлены закономерности влияния химического состава и структуры сплава на температуры мартенситного превращения. Предложены формулы для расчета химического состава В2-фазы, учитывающие объемную долю фаз типа Ti_2Ni и Ti_3Ni_4 на разных этапах обработки сплавов. Это позволяет корректно прогнозировать температуры восстановления формы, как на стадии обработки материала, так и готового изделия.

Представляет научный интерес предложенная автором система оценки термомеханических свойств материала на основе определения критических напряжений и деформации, определяющих условия смены мартенситного механизма формоизменения на дислокационный. Эта система позволяет наиболее полно оценивать свойства эффекта памяти формы и сверхупругости и использовать их для проектирования функциональных конструкций. Установленные автором закономерности изменения критических напряжений и деформаций от химического состава сплава, режимов горячей

деформации и термообработки могут быть использованы для обеспечения регламентированного уровня характеристик работоспособности готовых изделий.

Оценка практической значимости работы

Практическая значимость работы включает разработку алгоритма выбора метода и технологии получения слитка, деформированного полуфабриката и готового изделия в соответствии с требованиями, предъявленными к функциональной конструкции. Этот алгоритм успешно применен автором для разработки технологического процесса производства медицинских имплантируемых изделий для ортопедии и травматологии, внедренного в серийное производство АО «КИМПФ».

Предложенный автором подход к оценке термомеханических свойств материалов с памятью формы и характеристик работоспособности функциональных конструкций воплотился в разработанные методики испытания, позволяющие определить надежность медицинских изделий.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных в диссертационной работе научных результатов подтверждается применением современных методов исследования, хорошим совпадением результатов теоретических расчетов и экспериментальных данных. Научные выводы и практические рекомендации работы проверены в опытно-промышленном и серийном производстве на широкой номенклатуре медицинских изделий из сплавов на основе никелида титана.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Представленные в диссертационной работе новые научные результаты и практические разработки в области технологии сплавов на основе никелида титана могут быть использованы в качестве основы для дальнейших исследований, направленных на совершенствование существующих и создание новых прогрессивных технологий обработки полуфабрикатов и изделий из них в авиакосмической, машиностроительной, медицинской и

других наукоемких отраслях. Научные и методические разработки автора могут найти применение при создании новых функциональных конструкций с памятью формы в ведущих отраслевых (ГНЦ «ВИАМ», АО «ВИЛС») и академических (ИМЕТ РАН и др.) институтах, и вузах (УрФУ, МАИ и др.).

Замечания

Отмечая достоинства диссертационной работы Д.Е. Гусева, в качестве замечаний следует указать:

1. Говоря о критических деформациях в аустенитном состоянии материала, автор указывает, что они должны определяться при температуре испытания выше температур обратного мартенситного состояния. В то же время в работе показано, что при увеличении разности температуры испытания и температуры перехода в аустенит отношение напряжений мартенситного превращения и скольжения постепенно увеличивается пока не достигает единицы. В соответствии с этим снижается и критическая деформация. Поэтому уровень этой деформации зависит от того на сколько температура испытаний превышает температуру перехода в аустенитное состояние. В работе это не определено, поэтому сложно сравнивать критическую деформацию в аустенитном состоянии сплавов с разным химическим составом и структурой, для которых различается температура обратного мартенситного превращения.

2. Автор определяет условия формирования бимодальной структуры богатых никелем интерметаллидов в результате ступенчатого старения при двух температурах 500 и 450°C. В то же время изменение температур старения, может существенно влиять на кинетику и морфологию образования таких частиц. Поэтому определенные в работе граничные по химическому составу условия формирования бимодальной структуры могут изменяться если, например, низкотемпературный этап старения проводить ниже 450°C.

3. Кинетика выделений богатых никелем интерметаллидов и их морфология во многом должна определяться субструктурой В2-фазы,

формирующейся при обработке давлением полуфабрикатов сплавов на основе никелида титана и режимам их отжига, приводящего к развитию полигонизационных и рекристаллизованных процессов. Однако в работе об этом практически ничего не говорится, а основные закономерности выделения богатых никелем интерметаллидов устанавливаются только в рекристаллизованном состоянии. Поэтому рекомендации автора по обработке медицинских изделий могут иметь ограниченный характер.

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости работы.

Заключение


Диссертационная работа Гусева Д.Е. является законченным научным трудом. По содержанию, объему, актуальности проблемы, научной новизне и практической значимости результатов диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям.

Автор диссертационной работы Гусев Д.Е. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры термообработки и физики металлов ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» «26» сентября 2019г. (протокол № 8).

Заведующий кафедрой термообработки
и физики металлов,
профессор, д.т.н.


/ Попов Артемий Александрович /