

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.07, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 19 декабря 2019 года публичной защиты диссертации Ларченковой Натальи Геннадьевны «Закономерности проявления и циклическая стабильность функциональных свойств гетерофазных монокристаллов сплава NiFeGaCo с памятью формы» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 20 из 24 членов диссертационного совета, из них 8 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния:

- | | |
|---|----------|
| 1. Багров В. Г., доктор физико-математических наук, профессор,
председатель диссертационного совета, | 01.04.02 |
| 2. Киреева И. В., доктор физико-математических наук, старший научный
сотрудник, учёный секретарь диссертационного совета, | 01.04.07 |
| 3. Бордовицын В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 4. Войцеховский А. Н., доктор физико-математических наук, профессор | 01.04.10 |
| 5. Давыдов В. Н., доктор физико-математических наук, старший
научный сотрудник | 01.04.10 |
| 6. Дитенберг И. А., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.04.07 |
| 7. Ивонин И. В., доктор физико-математических наук, старший научный
сотрудник, заместитель председателя диссертационного совета, | 01.04.10 |
| 8. Коротаев А. Д., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 9. Коханенко А. П. доктор физико-математических наук, старший
научный сотрудник, | 01.04.10 |
| 10. Лавров П. М., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 11. Ляхович С. Л., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 12. Мельникова Н. В., доктор физико-математических наук, | 01.04.07 |
| 13. Потекаев А. И., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 14. Старенченко В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 15. Трифонов А. Ю., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 16. Тюменцев А. Н., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 17. Чумляков Ю. И., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 18. Шаповалов А. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 19. Шарапов А. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 20. Эрвье Ю. Ю., доктор физико-математических наук, | 01.04.10 |

Заседание провёл председатель диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Багров Владислав Гаврилович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение учёной степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Н. Г. Ларченковой учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.07,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____**

решение диссертационного совета от 19.12.2019 № 27

О присуждении **Ларченковой Наталье Геннадьевне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Закономерности проявления и циклическая стабильность функциональных свойств гетерофазных монокристаллов сплава NiFeGaCo с памятью формы»** по специальности **01.04.07** – Физика конденсированного состояния принята к защите 15.10.2019 (протокол заседания № 23) диссертационным советом **Д 212.267.07**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Ларченкова Наталья Геннадьевна**, 1991 года рождения.

В 2019 году соискатель очно окончила федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» с выдачей диплома об окончании аспирантуры.

Работает в должности инженера лаборатории высокопрочных кристаллов Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре физики металлов физического факультета и в лаборатории физики высокопрочных кристаллов Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Панченко Елена Юрьевна**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория физики высокопрочных кристаллов Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова, ведущий научный сотрудник; по совместительству – кафедра физики металлов, профессор.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, **Чумляков Юрий Иванович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория физики высокопрочных кристаллов Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова, заведующий лабораторией; по совместительству – кафедра физики металлов, профессор.

Официальные оппоненты:

Реснина Наталья Николаевна, доктор физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра общей математики и информатики, профессор

Соловьева Юлия Владимировна, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра физики, химии и теоретической механики, заведующий кафедрой

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук**, г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном **Лотковым Александром Ивановичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория материаловедения сплавов с памятью формы, заведующий

лабораторией) указала, что актуальность темы исследования определяется необходимостью повышения надежности и работоспособности готовых изделий из ферромагнитных сплавов с термоупругими мартенситными превращениями, проявляющих обратимые деформации при воздействии температуры, нагрузки и магнитного поля. Для этого необходимы знания о механизмах деградации функциональных свойств и физически обоснованных способах повышения их стабильности. Н. Г. Ларченковой экспериментально показано, что высокотемпературная сверхэластичность при сжатии монокристаллов сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$, ориентированных вдоль [001]-направления, не имеет зависимости от структурного состояния образцов (однофазного или гетерофазного) при испытаниях от комнатной температуры до $\sim 573\text{K}$. Особенности проявления высокотемпературной сверхэластичности обусловлены упругим тетрагональным искажением решетки аустенита при приложении внешнего напряжения до начала превращения и разницей модулей упругости аустенитной и мартенситной фаз в данном температурном диапазоне; установлены закономерности влияния γ -частиц размером до 30 мкм: в гетерофазных монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ на деградацию эффекта сверхэластичности; качественно показано, что накопление остаточного мартенсита и дислокаций в аустенитной фазе вблизи частиц γ -фазы и пластической деформации этих частиц вплоть до их фрагментации является причиной деградации эффекта сверхэластичности. Установленные закономерности проявления функциональных свойств и их циклической стабильности при охлаждении/нагреве и под нагрузкой в монокристаллах $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ при изменении ориентации и режима термической обработки могут быть использованы для развития теории термоупругих мартенситных превращений в ферромагнитных гетерофазных монокристаллах сплавов Гейслера. Результаты диссертации представляют большой интерес для специалистов, работающих в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения, и их можно рекомендовать к использованию в организациях, ведущих исследования по разработке новых функциональных материалов.

Соискатель имеет 44 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 23 работы, из них в рецензируемых российских научных изданиях опубликовано 4 работы (в том числе в зарубежном научном

журнале, входящем в Web of Science, опубликовано 2 работы; в российском научном журнале, переводная версия которого входит в Web of Science опубликовано 2 работы), в сборниках материалов конференций, представленных в изданиях, входящих в Web of Science, опубликовано 2 работы (в том числе 1 электронный сборник), в прочем научном журнале опубликована 1 работа, в сборниках материалов международных и всероссийских конференций опубликовано 15 работ, получен 1 патент. Общий объем публикаций – 4,55 а.л., авторский вклад – 0,92 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Timofeeva E. E. One-way and two-way shape memory effect in ferromagnetic NiFeGaCo single crystals / E. E. Timofeeva, E. Yu. Panchenko, Yu. I. Chumlyakov, **N. G. Vetoshkina (Larchenkova)**, H. J. Maier // Materials Science & Engineering A. – 2015. – Vol. 640. – P. 465–470. – DOI: 10.1016/j.msea.2015.06.024. – 0,36 / 0,07 а.л. (*Web of Science*).

2. Тимофеева Е. Е. Механизм ориентационной зависимости циклической стабильности сверхэластичности в монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ при деформации сжатием / Е. Е. Тимофеева, Е. Ю. Панченко, **Н. Г. Ветошкина (Ларченкова)**, Ю. И. Чумляков, А. И. Тагильцев, А. С. Ефтифеева, H. Maier // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – Т. 59, № 8. – С. 114–122. – 0,48 / 0,06 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Timofeeva E. E. The mechanism of orientation dependence of cyclic stability of superelasticity in NiFeGaCo single crystals under compression / E. E. Timofeeva, E. Yu. Panchenko, **N. G. Vetoshkina (Larchenkova)**, Yu. I. Chumlyakov, A. I. Tagiltsev, A. S. Evtifeeva, H. J. Maier // Russian Physics Journal. – 2016. – Vol. 59, № 8. – P. 1251–1260.

3. Panchenko E. Yu. Two-way shape memory effect under multi-cycles in [001]-oriented $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ single crystal / E. Yu. Panchenko, E. E. Timofeeva, **N. G. Larchenkova**, Yu. I. Chumlyakov, A. I. Tagiltsev, H. J. Maier, G. Gerstein // Materials Science and Engineering A. – 2017. – Vol. 706. – P. 95–103. – DOI: 10.1016/j.msea.2017.08.108. – 0,47 / 0,06 а.л. (*Web of Science*).

4. Тимофеева Е. Е. Двусторонний эффект памяти формы после высокотемпературной изотермической тренировки в гетерофазных [001]-монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ / Е. Е. Тимофеева, **Н. Г. Ларченкова**, Е. Ю. Панченко, А. С. Ефтифеева, Н. Ю. Суриков, Ю. И. Чумляков // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2018. – Т. 61, № 8. – С. 102–109. – 0,48 / 0,08 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Timofeeva E. E. Two-way shape memory effect induced by high temperature isothermal training in [001]-oriented heterophase single crystals of $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ alloy / E. E. Timofeeva, **N. G. Larchenkova**, E. Yu. Panchenko, A. S. Evtifeeva, N. Yu. Surikov, Yu. I. Chumlyakov // Russian Physics Journal. – 2018. – Vol. 61, № 8. – P. 1483–1490. – DOI 10.1007/s11182-018-1560-x.

На автореферат поступило 6 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **В. Г. Пушин**, д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник лаборатории цветных сплавов, руководитель отдела электронной микроскопии Института физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, **Н. Н. Куранова**, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории цветных сплавов, руководитель сектора сканирующей электронной микроскопии отдела электронной микроскопии Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, *без замечаний*.
2. **С. Н. Кульков**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий лабораторией физики наноструктурных функциональных материалов Института физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, **Т. Ю. Саблина**, канд. техн. наук, научный сотрудник лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов Института физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, *без замечаний*.
3. **С. Д. Прокошкин**, д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник кафедры «Обработка металлов давлением» Национального исследовательского

технологического университета «МИСиС», г. Москва, **Е. П. Рыклина**, канд. техн. наук, доц., ведущий научный сотрудник кафедры «Обработка металлов давлением» Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Москва, *с замечанием*: поскольку выявленные закономерности получены на сплаве одного состава, было бы полезно указать, в какой мере полученные результаты могут быть распространены на другие сплавы Гейслера.

4. **М. Г. Исаенкова**, д-р физ.-мат. наук, профессор отделения ядерной физики и технологии офиса образовательных программ Института ядерной физики и технологий Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Москва, *с замечанием*: имеется ошибка (описка) в написании формулы соединения $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{19}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ указанной на стр. 9 автореферата в названии ключевой таблицы по описанию образцов, в которой сумма коэффициентов превышает 100; все результаты приводятся без указания точности определения величин при калориметрических исследованиях, не указывается скорость нагрева/ охлаждения и т.д., в то время как все наблюдаемые эффекты характеризуются малыми интервалами изменения величин критических напряжений и деформаций при измерении функциональных свойств.

5. **Н. А. Конева**, д-р физ.-мат. наук, проф. кафедры «Физика, химия и теоретическая механика» Томского государственного архитектурно-строительного университета, г. Томск, **А. А. Клопотов**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Прикладная механика и материаловедение» Томского государственного архитектурно-строительного университета, г. Томск, *с замечанием*: представляется неуместным использование сокращений при изложении цели работы, приведенной в автореферате.

6. **Ю. Ф. Иванов**, д-р физ.-мат. наук, доц., ведущий научный сотрудник лаборатории плазменной эмиссионной электроники Института сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, *с замечанием*: в подписи под рис. 1 а – «светлопольное изображение поверхности $\text{L2}_1+\gamma+\gamma'$ -кристаллов с частицей γ -фазы», следовало бы пояснить, что подразумевается под словосочетанием «изображение поверхности», если анализируется фольга; следует пояснить каким образом представленное на рис. 6 б электронно-микроскопическое изображение структуры материала может свидетельствовать об «увеличении объемной доли остаточного мартенсита».

В отзывах отмечается, что среди функциональных материалов ферромагнитные сплавы Гейслера с памятью формы заслуживают особого внимания, поскольку они способны обратимо деформироваться более чем на 10 % и проявляют магнито- и эластокалорические эффекты при развитии термоупругих мартенситных превращений под действием механических напряжений и магнитного поля. В связи с этим диссертационная работа Н. Г. Ларченковой, посвященная исследованию механизмов развития термоупругих мартенситных превращений под нагрузкой, циклической стабильности сверхэластичности и двустороннего эффекта памяти формы в гетерофазных монокристаллах $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$, является важной и актуальной. Н. Г. Ларченковой реализована высокотемпературная сверхупругость независимо от структурного состояния монокристаллов сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$, ориентированных вдоль [001]-направления и установлены закономерности ее развития – уменьшение обратимой деформации с ростом приложенных напряжений и температуры испытания; выявлены условия для наблюдения высокой циклической стабильности сверхэластичности при изотермических циклах нагрузка/разгрузка в однофазных и гетерофазных монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$; определено влияние процессов раздвойникового мартенсита под нагрузкой на циклическую стабильность сверхэластичности и механизмы деградации функциональных свойств в гетерофазных монокристаллах; выяснены условия реализации максимальной величины двустороннего эффекта памяти формы 5,5 %. Результаты работы представляют несомненный научный и практический интерес. Установленные закономерности и механизмы развития термоупругих мартенситных превращений под нагрузкой в гетерофазных монокристаллах $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ могут быть использованы в дальнейшем для развития теории термоупругих мартенситных превращений в ферромагнитных структурно-неоднородных сплавах Гейслера.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **Н. Н. Реснина** является известным специалистом в области фазовых термоупругих переходов в сплавах с эффектом памяти формы; **Ю. В. Соловьева** является высококвалифицированным специалистом в области физики прочности и пластичности монокристаллов металлов и сплавов и электронной микроскопии; в лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы **Института физики**

прочности и материаловедения СО РАН работают квалифицированные специалисты, известные своими достижениями в области физики конденсированного состояния и, в частности, в области исследования термоупругих мартенситных превращений.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны физические принципы повышения циклической стабильности сверхэластичности в монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ (ат. %) путем выбора [001]-ориентации, характеризующейся высокими прочностными свойствами аустенита и мартенсита, за счет отсутствия процессов раздвойникового ориентированного варианта мартенсита напряжений и упрочнения высокотемпературной фазы при выделении наноразмерных частиц γ' -фазы;

предложены механизмы деградации сверхэластичности и двустороннего эффекта памяти формы при циклических воздействиях в гетерофазных монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$, содержащих дисперсные частицы γ - и γ' -фаз различного размера; эмпирическое условие для прогнозирования циклической стабильности сверхэластичности в монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ (ат. %), основанное на соотношении величин обратимой и рассеянной энергии при развитии мартенситного превращения в первом цикле нагрузка/разгрузка;

доказано, что ориентационная зависимость величины механического гистерезиса и циклической стабильности сверхэластичности определяется прочностными свойствами аустенита и мартенсита и вкладом раздвойникового $L1_0$ -мартенсита в деформацию превращения в монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ (ат. %), наличие вклада раздвойникового в $[\bar{1}23]$ -ориентации приводит к развитию мартенситных превращений в циклах нагрузка / разгрузка с высокой величиной рассеяния энергии и низкой циклической стабильностью функциональных свойств.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что высокотемпературная сверхэластичность наблюдается в широком интервале температур до 560 К под сжимающей нагрузкой до 900–1000 МПа в закаленных и состаренных монокристаллах $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$, ориентированных вдоль высокопрочного [001]-направления, независимо от их микроструктуры;

величина механического гистерезиса и циклическая стабильность сверхэластичности зависят от прочностных свойств высокотемпературной фазы и мартенсита, последовательности развития мартенситных превращений ($B2-L1_0$ или $L2_1-14M-L1_0$ превращение через слоистый модулированный $14M$ -мартенсит) и наличия процессов раздвойникового кристаллов $L1_0$ -мартенсита под нагрузкой, что определяется кристаллографической ориентацией и микроструктурой закаленных и состаренных монокристаллов сплава $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования структуры, механических и функциональных свойств сплавов с памятью формы: рентгеноструктурный анализ, растровая и просвечивающая электронная микроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия, механические испытания в циклах нагрузка / разгрузка и в циклах охлаждение / нагрев в свободном состоянии и под нагрузкой;

изложены результаты исследования способов наведения и механизмов деградации двустороннего эффекта памяти формы в зависимости от температуры и уровня внешних напряжений в процессе тренировок в условиях сверхэластичности в закаленных и состаренных монокристаллах сплава $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$, содержащих частицы γ - и γ' -фаз различного размера;

раскрыты причины сильной ориентационной зависимости циклической стабильности функциональных свойств, связанной с наличием или отсутствием вклада раздвойникового $L1_0$ -мартенсита под нагрузкой и уровнем прочностных свойств аустенита и мартенсита в монокристаллах сплава $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$;

изучены закономерности развития термоупругих мартенситных превращений под нагрузкой и взаимосвязь различных параметров (микроструктура и ориентация монокристаллов, критические напряжения образования мартенсита, механический гистерезис, обратимая и необратимая деформации), определяющих рассеяние энергии, циклическую стабильность и механизмы деградации сверхэластичности, двустороннего эффекта памяти формы в гетерофазных монокристаллах сплава $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика термомеханической обработки монокристаллов сплава NiFeGaCo, сочетающая высокотемпературный отжиг с закалкой и последующее старение при 673 К под нагрузкой для получения бимодального распределения по размерам частиц вторичных фаз, ориентированного роста наноразмерных частиц γ' -фазы и максимальных обратимых деформаций при проявлении двустороннего эффекта памяти формы за счет тренировок в циклах нагрузка / разгрузка или нагрев / охлаждение под нагрузкой;

созданы практические рекомендации по выбору ориентаций монокристаллов сплавов NiFeGa(Co) и параметров их микроструктуры – размера и числа кристаллографических вариантов частиц, для достижения высокотемпературной сверхэластичности, ее высокой циклической стабильности и эффективного наведения двустороннего эффекта памяти формы.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные результаты могут быть использованы в научных и образовательных учреждениях, в которых ведутся исследования по сходной тематике: Институте физики твердого тела РАН (г. Черноголовка), Институте физики прочности и материаловедения СО РАН (г. Томск), Институте проблем сверхпластичности металлов РАН (г. Уфа), Томском государственном архитектурно-строительном университете, Институте физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН (г. Екатеринбург), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» (г. Москва), Санкт-Петербургском государственном университете, Национальном исследовательском Томском государственном университете и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты получены на сертифицированном оборудовании Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова Национального исследовательского Томского государственного университета; достоверность доказана воспроизводимостью результатов исследования;

идея базируется на фундаментальных представлениях термодинамики, кристаллографии мартенситных превращений, теории пластичности и прочности;

использован широкий спектр методов и методик исследования; полученные результаты хорошо согласованны и не противоречат друг другу;

установлено соответствие экспериментальных данных диссертационной работы данным результатов других авторов.

Научная новизна работы заключается в том, что автором выяснены условия и особенности проявления высокотемпературной сверхэластичности до 573 К при сжатии в закаленных и состаренных монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ с различной микроструктурой, ориентированных вдоль [001]-направления. В гетерофазных монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ проведены исследования механизмов деградации и выяснены условия высокой циклической стабильности сверхэластичности до 50 000 циклов нагрузка / разгрузка без разрушения образца, которые заключаются в достижении высокопрочного состояния за счет упрочнения наноразмерными частицами и выбора высокопрочной [001]-ориентации, характеризующейся отсутствием процессов раздвойникового $L1_0$ -структуры мартенсита под нагрузкой. Выяснен вклад в деградацию сверхэластичности частиц γ -фазы размером до 30 мкм, заключающийся в том, что с увеличением числа циклов нагрузка/разгрузка происходит накопление дислокаций на межфазной границе « γ -фаза-матрица», остаточного мартенсита и дислокаций в аустенитной фазе вблизи частиц γ -фазы и пластическая деформация частиц γ -фазы вплоть до их фрагментации. На основании экспериментальных данных, полученных на однофазных и гетерофазных монокристаллах, ориентированных вдоль [001]- и [123]-направлений, в работе разработано эмпирическое условие для наблюдения высокой циклической стабильности сверхэластичности в монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$, заключающееся в расчете соотношения обратимой и необратимой энергий ($\Delta G_{\text{обр}}/\Delta G_{\text{необр}} > 1$), по первой кривой сверхэластичности. Впервые на гетерофазных монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ установлено влияние микроструктуры, ориентации и режима тренировки в циклах охлаждение / нагрев под нагрузкой и в циклах нагрузка / разгрузка при различных температурах на двусторонний эффект памяти формы и его циклическую стабильность.

Личный вклад соискателя состоит в: совместной с научным руководителем и научным консультантом постановке задач исследования, исследовании микроструктуры монокристаллов методом просвечивающей электронной микроскопии, обсуждении и анализе результатов, формулировке выводов, написании научных статей по теме диссертации; самостоятельном выполнении основного объема экспериментальных исследований, проведении теоретических расчетов и оценок, апробации результатов на всероссийских и международных конференциях.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи исследования влияния кристаллографической ориентации, частиц γ - и γ' -фаз, последовательности развития термоупругих мартенситных превращений под сжимающей нагрузкой на закономерности проявлений функциональных свойств, их циклическую стабильность и механизмы деградации в однофазных и гетерофазных монокристаллах сплава $\text{Ni}_{49}\text{Fe}_{18}\text{Ga}_{27}\text{Co}_6$ (ат. %), имеющей значение для развития физики конденсированного состояния.

На заседании 19.12.2019 диссертационный совет принял решение присудить **Ларченковой Н. Г.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Багров Владислав Гаврилович

Ученый секретарь

диссертационного совета



Киреева Ирина Васильевна

19.12.2019

