

пр. 45634

Министерство образования Республики Беларусь

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» УО «ВГТУ»

УДК 669.018:539.4

№ гос. регистрации 20181740

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе Ванкевич Е. В.



03

2020 г.

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

Кристаллизация аморфного сплава  $Ti_{40.7}Hf_{9.5}Ni_{41.8}Cu_8$  с памятью формы под действием механических колебаний

(заключительный)

договор с БРФФИ № T18P-288 от 30.05.2018 г.

Руководитель НИР,  
д.т.н., доцент

(подпись)

Рубаник В. В.

« 12 »

03

2020 г.

Начальник НИЧ УО «ВГТУ»

(подпись)

Беликов С. А.

« 20 »

03

2020 г.

Библиотека ВГТУ



Витебск, 2020

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР  
д.т.н.



12.03.2020

В. В. Рубаник мл.  
(общее руководство,  
раздел 3, 8, заключение)

Исполнители НИР:

д.т.н.



12.03.2020

А. А. Джежора  
(введение, раздел 4)

к.ф.-м.н.



12.03.2020

А. Д. Шилин  
(раздел 2, 6)

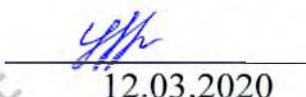
м.н.с.



12.03.2020

М. С. Ломач  
(раздел 4, 7)

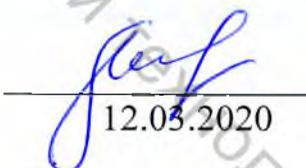
м.н.с.



12.03.2020

А. Н. Ужекина  
(раздел 1, 5)

Нормоконтролер



12.03.2020

Т. А. Мачихо

## РЕФЕРАТ

Отчёт 39 с., 1 кн., 27 рис., 4 табл., 18 источн.

НИКЕЛИД ТИТАНА, АМОРФНЫЙ СПЛАВ, КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ КЛАСТЕР, ПАМЯТЬ ФОРМЫ, КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ.

Объектом исследования является аморфный сплав на основе никелида титана, полученный спиннингованием.

Цель работы – изучение закономерностей вибростимулированного формирования кристаллической фазы в аморфном сплаве на Ti-Hf-Ni-Cu.

В процессе работы проводились низкочастотная и ультразвуковая обработка образцов аморфного сплава в динамическом механическом анализаторе и ультразвуковой наковальне, после чего в полученных образцах исследовалась структура и параметры фазовых переходов.

В результате исследования установлено, что низкочастотные колебания приводят к структурной релаксации и образованию кристаллических кластеров, размер и объёмная доля которых зависят от параметров колебаний (амплитуды и длительности). Обнаружено, что наличие кластеров не влияет на температуры кристаллизации, однако после низкочастотной обработки теплота кристаллизации уменьшается. Это свидетельствует о том, что низкочастотные колебания приводят к понижению внутренней энергии аморфной фазы, что и уменьшает величину энергии, которая выделяется при кристаллизации.

Результаты исследований позволят создать методику формирования необходимой структуры и свойств в элементах из сплавов с памятью формы, применяемых для микро- и нанотехники.



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Обработка образцов аморфного сплава $Ti_{40.7}Hf_{9.5}Ni_{41.8}Cu_8$ в динамическом механическом анализаторе с амплитудой 4мкм и частотами 2 и 20 Гц длительностью от 30 мин до 4 часов .....	7
2 Обработка образцов аморфного сплава $Ti_{40.7}Hf_{9.5}Ni_{41.8}Cu_8$ в ультразвуковой наковальне с частотой 22 кГц длительностью от 30 мин до 4 часов .....	11
3 Исследование структуры образцов, подвергнутых механическим колебаниям длительностью от 30 мин до 4 часов, методом рентгеноструктурного анализа .....	13
4 Исследование мартенситных превращений в образцах, подвергнутых механическим колебаниям методами ДСК длительностью от 30 мин до 4 часов .....	17
5 Обработка образцов аморфного сплава $Ti_{40.7}Hf_{9.5}Ni_{41.8}Cu_8$ в динамическом анализаторе длительностью от 8 до 100 часов.....	21
6 Обработка образцов аморфного сплава $Ti_{40.7}Hf_{9.5}Ni_{41.8}Cu_8$ в ультразвуковой наковальне длительностью от 8 до 100 часов.....	24
7 Исследование мартенситных превращений в образцах, подвергнутых механическим колебаниям длительностью от 8 до 100 часов, методами ДСК.....	26
8 Исследование структуры образцов, подвергнутых механическим колебаниям длительностью от 8 до 100 часов, методом рентгеноструктурного анализа.....	31
Перспективы дальнейшего развития исследований и практического использования полученных результатов.....	35
9 Результаты сотрудничества сторон.....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	37
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	38