



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



«Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов



«ПРОМЕТЕЙ»

имени И. В. Горынина

Государственный научный центр

№ \_\_\_\_\_

Институт металлургии и  
материаловедения им. А.А. Байкова  
Российской академии наук

Ученому секретарю диссертационного  
совета 24.1.078.02 (Д002.060.02)

Андрееву В.А.

119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49  
e-mail: andreev.imet.dis@mail.ru

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

### **«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПАКТНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ПОРОШКОВЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ $TiNi$ и $(Ti,Hf)Ni$ НА ОСНОВЕ ГИДРИДНО-КАЛЬЦИЕВОГО СИНТЕЗА»**

Володько Сергея Сергеевича, представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности

2.6.5. – «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

За счет своих уникальных свойств сплавы на основе интерметаллида  $TiNi$  и изделия из них имеют широкий возможный спектр применения как в медицине, так и в технике. Данные сплавы хорошо поддаются термомеханической обработке, что позволяет изготавливать из них широкий ряд изделий от проволоки до комплексных управляющих и исполнительных элементов соединительных элементов трубопроводов различного назначения, демпферных устройств и др..

К описанным сплавам предъявляются высокие требования по точности задания и однородности по объему слитка химического состава, а так же его контролю в процессе производства. Помимо этого, функциональные характеристики являются структурно чувствительной величиной. Образующаяся в процессе дуговой и индукционной плавки в вакууме структура может содержать в себе паразитные фазы  $Ti_2Ni$  и  $Ti_4Ni_2O$ , которые негативно влияют на функциональные свойства и снижают пластичность слитков, что может затруднять их дальнейшую

термомеханическую обработку. В свете выше сказанного в предоставленной на обзор работе решается актуальная задача разработки порошковой технологии получения интерметаллидных сплавов системы Ti-Ni, в том числе легированных Hf, позволяющая минимизировать или полностью исключить наличие нежелательных фаз.

В качестве научной новизны можно отметить, что автором получен сплав на основе интерметаллида (Ti,Hf)Ni, синтезированный методом гидридно-кальциевого синтеза. Установлен механизм взаимодействия компонентов при синтезе в условиях металлотермического восстановления оксидов гидридом кальция. Исследована эволюция структуры и некоторых свойств при синтезе и консолидации порошка (Ti,Hf)Ni. Исследован процесс консолидации, а на компактных заготовках проведены испытания на осадку в широком диапазоне скоростей и температур деформации, на основе чего сформированы карты деформаций, характеризующие поведения материала при пластической деформации.

Получены новые данные о влиянии различных схем термомеханической обработки на структуру и свойства порошковых сплавов системы Ti-Ni. Показано, что все виды пластической деформации (ротационная ковка, радиально-сдвиговая прокатка, экструзия) приводят к измельчению зеренной структуры, повышению плотности, механических и функциональных свойств. Установлено влияние однородности распределения компонентов на характеристики мартенситных превращений в сплаве.

Полезными для практики результатами является то, что для сплава на основе интерметаллида (Ti,Hf)Ni разработаны режимы синтеза и консолидации, позволяющие получать заготовки с закрытой пористостью и однородным фазовым составом. Установлены наиболее благоприятные режимы деформации для сплава  $\text{Ti}_{29,7}\text{Ni}_{50,3}\text{Hf}_{20}$  % ат. В работе также показано, что в зависимости от схемы и режимов термомеханической обработки возможно получать порошковый бинарный сплав TiNi как с наибольшей величиной сверхупругости, так и с наибольшей величиной одностороннего эффекта памяти формы в сочетании с узким интервалом формовосстановления.

По результатам проведённых исследований имеется один патент на созданную технологию получения заготовок сплава TiNiHf № 2708487 от 29.05.2019 на изобретение «Способ получения заготовок сплавов TiHfNi».

Однако работа не лишена недостатков, а в качестве замечаний можно указать следующее:

1. Известно, что для никель-обогащенных сплавов при помощи термической обработки (закалка + старение) можно регулировать уровень функциональных свойств, в том числе и температуры фазовых переходов за счет выделения при старении дисперсных частиц фазы  $\text{Ti}_3\text{Ni}_4$ .

В работе функциональные свойства получены только на образцах, прошедших термомеханическую обработку, а влияние различных режимов термической обработки, например, на уровень обратимой деформации и характеристики мартенситных превращений не рассмотрено.

2. Из автореферата можно сделать вывод, что не исследована тонкая структура после деформации, практически нет упоминаний о фазе  $\text{Ti}_3\text{Ni}_4$  и ее роли в

формировании столь высокого уровня обратимой деформации, например, при сверхупругости (14 %).

Однако указанные замечания не снижают значимости диссертационной работы.

Работа выполнена на высоком научном уровне, с использованием современных методик и оборудования. Полученные в диссертационной работе результаты соответствуют поставленным целям и задачам исследования и отражены в 9 публикациях, включая 8 статей в периодических журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК и 1 статья в журнале, индексируемом в базе Scopus. Полученные результаты обладают научной новизной, оригинальностью и практической значимостью, что подтверждено 1 патентом РФ.

Считаю, что диссертационная работа Володько С.С. является законченной научно-исследовательской работой, соответствует научной специальности 2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы» и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013г., а её автор, Володько Сергей Сергеевич, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации  
Володько С.С.

Заместитель генерального директора,  
Начальник НПК-8  
НИЦ «Курчатовский институт»-  
ЦНИИ КМ «Прометей»,  
доктор технических наук



Валерий Петрович Леонов

«15» \_\_\_\_\_ 2022г.

Подпись Леонова В.П. *В.П. Леонов*

Зам. начальника *В.П. Леонов*



*Сергей Сергеевич Володько*



НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»  
191015, Россия, Санкт-Петербург, улица Шпалерная, дом 49  
Телефон (812) 274-37-96, Факс (812) 710-37-56, mail@crism.ru, www.crism-prometey.ru  
ОКПО 07516250, ОГРН 1037843061376, ИНН 7815021340/ КПП 784201001