

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по научной работе
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова Российской
академии наук (ИМЕТ РАН),
член-корреспондент РАН,


Котмаков А. Г.
"25" мая 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе

КОМАРОВА ВИКТОРА СЕРГЕЕВИЧА

**«Диаграммы деформации, структурообразование и свойства объемных сплавов
Ti-Ni, деформированных в изотермических условиях», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»**

Актуальность работы.

Сплавы с памятью формы (СПФ) на основе Ti-Ni являются наиболее перспективными и востребованными с точки зрения общетехнического и медицинского применения среди функциональных материалов этого класса. Требования к комплексу свойств данных сплавов непрерывно повышаются. Достижение наилучшего комплекса свойств сплавов Ti-Ni возможно при формировании в них нанокристаллической структуры, однако до настоящего времени такую структуру не удалось получить в объемных заготовках этих сплавов.

Автор предположил, что решить эту проблему можно поиском новых схем, позволяющих проведение интенсивной пластической (мегапластической) деформации в изотермических условиях в квазинепрерывном режиме, а также использованием комбинированных обработок.

Отсутствие информации о диаграммах деформации и формирующейся структуре при низких температурах не позволяло в полной мере определить оптимальные режимы термомеханической обработки (ТМО) данных сплавов, в том числе с точки зрения технологичности. Получение кривых течения при деформации сжатием в широком интервале температур деформации от 20 до 900 °С дало возможность определить оптимальные режимы деформации СПФ Ti-Ni общетехнического и медицинского назначения для формирования заданной структуры и реализации высокого комплекса функциональных свойств, а также технологические параметры деформации, определяющие наилучшие ее условия с точки зрения оптимизации нагрузки на оборудование. Достижение высоких степеней накопленной деформации для формирования нанокристаллической структуры в объемных образцах СПФ Ti-Ni было обеспечено применением оригинального метода экспериментального моделирования – биаксиальной деформации на модуле «MaxStrain» многофункционального комплекса «Gleeble».

Это даёт основание считать диссертацию В.С. Комарова, посвященную комплексному исследованию деформационного поведения структурообразования и свойств объемных сплавов Ti-Ni, деформированных в изотермических условиях, весьма актуальной.

Научная новизна работы.

Анализ диссертационной работы В.С. Комарова показывает, что им получен большой объем оригинальных результатов. В работе эффективно использованы современные методы структурно-фазовых исследований (рентгеноструктурный анализ, просвечивающая электронная микроскопия, дифференциальная санирующая калориметрия и др.), а также исследования функциональных характеристик.

Можно выделить следующие важные и оригинальные результаты диссертационной работы:

- Построение и анализ диаграмм деформации СПФ Ti-Ni двух основных подклассов: нестареющего Ti-50,0 ат.% Ni и стареющего Ti-50,8 ат.% Ni в широких интервалах температур, скоростей и степеней деформации.

- Определение температурных областей развития динамических процессов разупрочнения (возврата, полигонизации и рекристаллизации) при деформации сжатием в широких интервалах температур, скоростей и степеней деформации и соответствующие изменения функциональных свойств СПФ Ti-Ni.
- Определение влияния различных режимов квазинепрерывной изотермической деформации по схеме «MaxStrain» на формирование структуры и функциональных свойств объемных СПФ Ti-Ni.
- Получение нанокристаллической структуры (размер элементов структуры 55 ± 10 нм) в объемных образцах СПФ Ti-Ni методом деформации по схеме «MaxStrain», обеспечившей наиболее высокие значения обратимой деформации и степени восстановления формы.

Практическая значимость работы.

Совокупность новых результатов, полученных в диссертационной работе, представляет несомненный практический интерес. В частности, разработаны режимы ТМО для формирования заранее заданной структуры и высокого уровня функциональных свойств никелида титана, выявлены способ и условия деформации, позволяющие сформировать нанокристаллическую структуру в объемных образцах СПФ Ti-Ni для соответствующего повышения функциональных свойств. Предложенные оптимальные режимы ТМО использованы при оптимизации технологии производства прутков СПФ Ti-Ni с повышенным уровнем свойств в ООО «Промышленный центр МАТЭК-СПФ». Полученные результаты перспективны и с точки зрения научно-исследовательских и преподавательских целей.

Достоверность и обоснованность результатов.

Достоверность полученных в диссертации В.С. Комарова результатов обеспечивается большим объемом данных, полученных на современном аналитическом и испытательном оборудовании, их корректной статистической обработкой, соответствием установленных закономерностей данным, имеющимся в научной литературе, а также непротиворечием экспериментальных результатов современным теоретическим представлениям. Все научные положения, выводы и заключения, выполненные в диссертационной работе, являются обоснованными и достоверными.

Диссертант В.С. Комаров успешно представил результаты работы в нашей организации и дал исчерпывающие ответы на все заданные вопросы.

Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Научные результаты, полученные в диссертации, и основные положения, выносимые на защиту, могут быть использованы в практике научных исследований сплавов с эффектом памяти формы, для развития фундаментальных основ управления функциональными свойствами СПФ Ti-Ni путем формирования наноструктурных состояний, практического применения, а также в качестве учебного материала в курсах лекций по металловедению и термической обработке металлов и сплавов.

Замечания по диссертационной работе:

1. Не до конца понятна логика выбора степени и скорости деформации при проведении комплексного исследования образцов после деформации сжатием. Почему были выбраны именно эти параметры: $\epsilon=0,5$ и $\dot{\epsilon}=1\text{с}^{-1}$?
2. В работе не указано, каким образом осуществлялся нагрев образцов при деформации на модуле «MaxStrain»? Осуществлялся ли подогрев бойков?
3. При оценке ширины линий В2-аустенита автор не учитывал возможное наложение линий R-фазы на линию {110} В2-аустенита. Это могло привести к не совсем корректному измерению ширины.
4. С чем связано использование нового слабостареющего сплава, содержащего 50,2 ат.% Ni, при проведении предварительных исследований – деформации на модуле «MaxStrain»? Почему для этого не использовали эквивалентный сплав?
5. Для определения функциональных свойств в диссертации была использована схема изгиба. Требуется пояснение, почему была использована именно эта схема деформации, а не более однородная и жёсткая схема растяжения.

Несмотря на сделанные замечания диссертационную работу В.С. Комарова следует признать законченным научным исследованием, имеющим важное значение для металловедения.

Кандидатская диссертация В.С. Комарова удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Общая характеристика диссертационной работы.

Анализ работы показывает, что несмотря на указанные замечания, диссертация В.С. Комарова по своим целям, содержанию, квалифицированности применения современных экспериментальных методов, значимости результатов и уровню их обсуждения заслуживает высокой оценки. Она соответствует специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов». Диссертационная работа написана в хорошем стиле и оформлена в полном соответствии с установленными требованиями. Результаты работы В.С. Комарова опубликованы в российских и зарубежных рецензируемых научных журналах, в том числе рекомендованных ВАК РФ для защиты кандидатских диссертаций, и обсуждены на ряде всероссийских и международных конференций. Автореферат и публикации правильно и достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

В целом, диссертация В. С. Комарова является серьезной научно-квалификационной работой. Работа является законченным исследованием, выполненным на актуальную тему, и соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней». Задачи, решенные диссертантом, имеют существенное значение для отрасли знаний, связанной с использованием перспективных функциональных материалов.

Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам диссертант В.С. Комаров заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на совместном заседании лаборатории металловедения цветных и легких металлов ИМЕТ РАН и лаборатории пластической деформации металлических материалов ИМЕТ РАН «24» мая 2018 года. Протокол заседания № 40.

Зам. зав. лабораторией металловедения
цветных и легких металлов,
д.т.н., профессор



Л.Л. Рохлин

Докторская диссертация защищена по специальности
05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов».

Зав. лабораторией пластической деформации
металлических материалов, д.т.н.



В.С. Юсупов

Докторская диссертация защищена по специальности
05.16.05 «Обработка металлов давлением».

rokhlin@imet.fc.ru - Рохлин Лазарь Леонович (+7 (499) 1358660)

yusupov@aport2000.ru – Юсупов Владимир Сабитович (+7 (499) 1358651)

kolmakov@imet.ac.ru – Колмаков Алексей Георгиевич (+7 (499) 1354531)

Сведения о ведущей организации

Полное наименование: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук

Краткое наименование: ИМЕТ РАН

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, 49

Телефон: +7(499) 135-2060

Факс: +7(499) 135-8680

E-mail: imet@imet.ac.ru

<http://www.imet.ac.ru>

Основные научные направления:

- Физико-химические основы металлургии цветных и редких металлов.
- Металловедение цветных и легких металлов.

- Пластическая деформация металлических материалов.
- Конструкционные стали и сплавы.
- Физикохимия аморфных и нанокристаллических сплавов.
- Прочность и пластичность металлических и композиционных материалов и наноматериалов.

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация:

1. В.В.Столяров, Е.А.Прокофьев, С.Д.Прокошкин, И.Б.Трубицына, И.Ю.Хмелевская, С.В.Добаткин, В.Г.Пушин, Р.З.Валиев. Структурные особенности, механические свойства и эффект памяти формы в сплавах TiNi, подвергнутых равноканальному угловому прессованию. Физика металлов и металловедение, 2005, том 100, №6, с.1-11.
2. V.Brailovski, S.D.Prokoshkin, I.Yu. Khmelevskaya, S.V. Dobatkin, K.E.Inaekyan, V.Demers, E.V.Tatyanin. Structure and Properties of the Ti-50.0%Ni Alloy after Strain Hardening and Nanocrystallizing Thermomechanical Processing. Materials Transactions, 2006, Vol.47, No.3, pp.795-804.
3. K.E.Inaekyan, S.D.Prokoshkin, V.Brailovski, I.Yu.Khmelevskaya, V.Demers, S.V. Dobatkin, E.V.Tatyanin, E.Bastarache. Substructure and Nanocrystalline Structure Effects in Thermomechanically Treated Ti-Ni Alloys. Materials Science Forum, 2006,Vols. 503-504, pp. 597-602.
4. И.Ю.Хмелевская, С.Д.Прокошкин, С.В.Добаткин, И.Б.Трубицына, Е.В.Татьянин, В.В.Столяров, Е.А.Прокофьев, В.Браиловский, С.Тюрени. Характеристики обратимой деформации и реактивного напряжения сплавов системы Ti-Ni с памятью формы после термомеханической обработки и интенсивной пластической деформации. Деформация и разрушение, №2, 2007, с.33-37.
5. I. Khmelevskaya, S. Prokoshkin, V. Brailovski, K. Inaekyan, V. Demers, I. Gurtovaya, A. Korotitskiy, S. Dobatkin. Functional Properties of Ti-Ni-Based Shape Memory Alloys. Advances in Science and Technology, Vol. 59, (2008), pp. 156-161.
6. D. Shangina, Yu. Maksimenkova, N. Bochvar, V. Serebryany, G. Raab, A. Vinogradov, W. Skrotzki, S. Dobatkin. Influence of alloying with hafnium on the microstructure, texture, and properties of Cu-Cr alloy after equal channel angular pressing, Journal of Materials Science, 2016, V. 51, I. 11, pp.5493-5501.

7. S.V. Dobatkin, O.V. Rybalchenko, N.A. Enikeev, A.A. Tokar, M.M. Abramova. Formation of fully austenitic ultrafine-grained high strength state in metastable Cr–Ni–Ti stainless steel by severe plastic deformation, *Materials Letters*, 2016, V. 166, pp.276–279.
8. Dobatkin S.V., Skrotzki W., Rybalchenko O.V., Terent'ev V.F., Belyakov A.N., Prosvirnin D.V., Raab G.I., Zolotarev E.V. Structural changes in metastable austenitic steel during equal channel angular pressing and subsequent cyclic deformation, *Materials Science and Engineering A*, 2018, V. 723, P. 141–147.
9. Purcek G., Yanar H., Shangina D.V., Demirtas M., Bochvar N.R., Dobatkin S.V. Improvement of mechanical and tribological properties of Cu–Cr–Zr alloy by high pressure torsion and aging, *Journal of Alloys and Compounds*, 2018, V. 742, P. 325–333.
10. Martynenko N.S., Lukyanova E.A., Serebryany V.N., Gorshenkov M.V., Shchetinin I.V., Raab G.I., Dobatkin S.V., Estrin Y. Increasing strength and ductility of magnesium alloy WE43 by equal-channel angular pressing, *Materials Science and Engineering A*, 2018, V. 712, P. 625 – 629.

Ученый секретарь ИМЕТ РАН,

К.Т.Н.



Фомина О.Н.