

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 05.04.08  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «10» июня 2021 г. № 17

о присуждении Камскому Григорию Владимировичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние технологических параметров селективного электронно-лучевого спекания и горячего изостатического прессования на формирование структуры и свойств сплава Ti-6Al-4V медицинского назначения» по специальности 05.16.01 – Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov i spлавов принята к защите диссертационным советом УрФУ 05.04.08 «26» апреля 2021 г. протокол № 8.

Соискатель, Камский Григорий Владимирович, 1984 года рождения, в 2006 г. окончил ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ» по специальности «Металлургия цветных металлов»;

с 01.02.2020 г. по 31.01.2023 г. был прикреплен к ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по направлению 22.06.01 Технологии материалов (Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov i spлавов); с 30.12.2019 г. по 30.06.2020 г. был прикреплен к ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» в качестве экстерна для сдачи кандидатских экзаменов;

работает в штатной должности инженера-исследователя в Израильском институте металлов, Технион – Израильский технологический институт, г. Хайфа.

Диссертация выполнена на кафедре термообработки и физики металлов Института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» и в Израильском институте металлов, Технион – Израильский технологический институт, г. Хайфа.

Научные руководители: доктор технических наук, профессор, **Попов Артемий Александрович**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт новых материалов и технологий, кафедра термообработки и физики металлов, заведующий кафедрой, и **Попов Владимир Владимирович**, кандидат технических наук, Израильский институт металлов, Технион – Израильский технологический институт, г. Хайфа, Центр Аддитивного Производства, руководитель центра.

Официальные оппоненты:

**Скворцова Светлана Владимировна**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Институт материаловедения и технологий материалов, кафедра «Материаловедение и технология обработки материалов», профессор;

**Казанцева Наталия Васильевна**, доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, лаборатория магнитного структурного анализа, главный научный сотрудник;

**Щетников Николай Васильевич**, кандидат технических наук, ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», г. Верхняя Салда Свердловской обл., главный специалист по материаловедению

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 11 статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 10 статей в изданиях, индексируемых базами Web of Science и Scopus. Общий объем опубликованных работ – 5,5 п.л., авторский вклад – 1,63 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

*статьи в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ*

1. Popov, V. Novel hybrid method to additively manufacture denser graphite structures using Binder Jetting / V. Popov, A. Fleisher, G. Muller-Kamskii, и др. // Sci Rep., V. 11, №1, P. 2438, 2021; 0,5 п.л. / 0,1 п.л. (WoS, Scopus).

2. Muller-Kamskii G. Effect of build orientation in Electron Beam Melting of Ti-6Al-4V specimens / G. Muller-Kamskii, S. I. Stepanov, A. A. Popov и др. // 2020 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP), Sumy, Ukraine, 2020, 9309718; 0,3 п.л. / 0,18 п.л. (Scopus).

3. Illarionov A. G. Structure, Phase Composition, and Mechanical Properties of Biocompatible Titanium Alloys of Different Types / A. G. Illarionov, A. G. Nezhdanov, S. I. Stepanov, G. Muller-Kamskii, A. A. Popov // Phys. Metals Metallurgy. V. 121, № 4, P. 367–373, 2020; 0,5 п.л. / 0,1 п.л. (WoS, Scopus).

4. Kudryavtseva E. Advantages of 3D Printing for Gynecology and Obstetrics: Brief Review of Applications, Technologies, and Prospects / E. Kudryavtseva, V. Popov, G. Muller-Kamskii, E. Zakurinova, V. Kovalev // 2020 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP), Sumy, Ukraine, 2020; 9309602. 0,4 п.л. / 0,1 п.л. (Scopus).

5. Loginov Y. N. Anisotropy of additively manufactured Ti-6-4 lattice structure / Y. N. Loginov, S. I. Stepanov, I. A. Naschetnikova, G. Muller-Kamskii // AIP

Conf. Proc. American Institute of Physics, 2019. V. 2176, № 1. P. 20002, 2019; 0,3 п.л. / 0,05 п.л. (WoS, Scopus).

6. Fleisher A. Reaction bonding of silicon carbides by Binder Jet 3D-Printing, phenolic resin binder impregnation and capillary liquid silicon infiltration / A. Fleisher, D. Zolotaryov, A. Kovalevsky, G. Muller-Kamskii и др. // Ceram. Int., V. 45, №. 14, P. 18023–18029, Oct. 2019; 0,8 п.л. / 0,2 п.л. (WoS, Scopus).

7. Popov V. V. Additive manufacturing to veterinary practice: recovery of bony defects after the osteosarcoma resection in canines / V. V. Popov, G. Muller-Kamskii, A. Katz-Demyanetz, S. Usov, G. Dzhenzhera, A. Koptyug и др. // Biomed. Eng. Lett. The Korean Society of Medical and Biological Engineering, V. 9, 1. P. 97–108, 2019; 0,9 п.л. / 0,3 п.л. (WoS, Scopus).

8. Popov V. V. Effect of Hot Isostatic Pressure treatment on the Electron-Beam Melted Ti-6Al-4V specimens / V. V. Popov, A. Katz-Demyanetz, G. Muller-Kamskii, H. Rosenson и др. // Procedia Manuf. V. 21. P. 125–132, 2018; 0,45 п.л. / 0,1 п.л. (Scopus).

9. Popov V.V. Design and 3D-printing of titanium bone implants: brief review of approach and clinical cases / V. V. Popov, G. Muller-Kamskii и др. // Bio-med. Eng. Lett. V. 8, № 4, P. 337–344. 2018; 0,4 п.л. / 0,1 п.л. (WoS, Scopus).

10. Popov V.V. Prospects of additive manufacturing of rare-earth and non-rare-earth permanent magnets / V. V. Popov, A. Koptyug, I. Radulov, F. Maccari, G. Muller // Procedia Manufacturing V. 21, P. 100-108. 2018; 0,55 п.л. / 0,1 п.л. (Scopus).

11. Kamsky G. V. Review of the Main Producers of 3D-Machines for Metals, Characteristics of the Machines, and Directions of Development / G. V. Kamsky, A. A. Kolomiets, V. V. Popov // Int. Res. J. V. №8 (50). P. 48–55. 2016; 0,45 п.л. / 0,3 п.л.

На автореферат поступили отзывы:

1. Коптюга Андрея Валентиновича, кандидата физико-математических наук, профессора Университета Центральной Швеции, г. Эстерсунд (Швеция). Содержит вопросы и замечания относительно недостаточного представления в автореферате информации, касающейся промышленного производства индивидуальных медицинских изделий из титана с помощью аддитивных технологий; перспективах технологии СЭЛС сплава Ti-6Al-4V при производстве имплантатов, а также изделий для других сфер промышленности; применения результатов работы для новых титановых сплавов для различных областей применения; параметрах СЭЛС, имеющих наибольшее влияние на синтезируемый сплав.

2. Суфиярова Вадима Шамилевича, кандидата технических наук, доцента высшей школы физики и технологий материалов Института машиностроения, материалов и транспорта, ведущего научного сотрудника лаборатории «Синтез новых материалов и конструкций» ЦНТИ «Новые производственные технологии» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». Содержит рекомендации акцентировать внимание на сравнении синтезируемого сплава Ti-6Al-4V методом СЭЛС с требованиями стандарта, регламентирующего характеристики сплава Ti-6Al-4V, предназначенного для использования в производстве хирургических имплантатов, а также со сплавом Ti-6Al-4V, произведенным с помощью других аддитивных технологий; необходимости сопоставления механических характеристик сплава, изготовленного по технологии СЭЛП, со свойствами материала, полученного традиционными методами и другими технологиями аддитивного производства; особенностях изготовления медицинских изделий с сетчатой конфигурацией и градиентной плотностью; применении термина «спекание» вместо термина «плавление/сплавление» в качестве названия технологии.

3. Емельюшина Алексея Николаевича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры литейных процессов и материаловедения ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Содержит пожелание к опубликованию материалов исследования в российских журналах и представлением результатов на российских конференциях.

4. Симонова Юрия Николаевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой металловедения, термической и лазерной обработки металлов ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Без замечаний.

5. Сурменева Романа Анатольевича, доктора технических наук, доцента, директора Научно-исследовательского центра «Физическое материаловедение и композитные материалы» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Содержит замечания, касающиеся исследования сплавов, не содержащих в своем составе вредных элементов; возникновения эффекта расшатывания имплантата в результате более высоких значений усталостной прочности после ГИП; достоверности данных графика зависимости содержания кислорода от количества циклов СЭЛС; размерности микротвердости (стр.17 автореферата).

Выбор официальных оппонентов обосновывается их широкой известностью своими достижениями среди научно-технической общественности и специалистов в области исследования титановых сплавов, в том числе произведенных с помощью аддитивных технологий, а также наличием публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалифи-

кационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по комплексному исследованию образцов из сплава Ti-6Al-4V, полученных по аддитивным технологиям, и разработке на этой основе режимов селективного электронно-лучевого спекания (СЭЛС) и термомеханической обработки, обеспечивающих повышение механических свойств синтезированного сплава, внедрение этих решений имеет существенное значение для развития России и Израиля.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Установлены закономерности формирования кристаллографической текстуры изделия, синтезированного из сплава Ti-6Al-4V методом СЭЛС.

2. Получена математическая модель процесса СЭЛС. Составлены карты распределения температур в верхнем слое изделия, а также схемы термоциклирования в процессе СЭЛС.

3. Проанализирована связь между морфологическими дефектами использованного в СЭЛС порошка и формированием структуры и механических свойств синтезированного сплава Ti-6Al-4V.

4. Исследовано влияние обработки синтезированного сплава Ti-6Al-4V методом горячего изостатического прессования (ГИП) на формирование его кристаллографической текстуры

5. Выявлены различия в характере разрушения сплава Ti-6Al-4V после СЭЛС и после ГИП, как при статическом, так и при многоцикловом нагружении.

б. Установлена связь между количеством циклов переработки порошка в процессе СЭЛС и изменением химического состава и механических свойств сплава Ti-6Al-4V.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения аддитивной технологии СЭЛС и последующей обработки ГИП для изготовления индивидуальных медицинских изделий медицинского назначения.

Успешное практическое использование разработанных режимов СЭЛС и режима ГИП при производстве индивидуальных медицинских изделий подтверждено актом внедрения и использования в Ветеринарном госпитале Skolkovo Vet (Московская область, Одинцовский городской округ).

На заседании 10 июня 2021 г. диссертационный совет УрФУ 05.04.08 принял решение присудить Камскому Г.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 05.04.08 в количестве 17 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета  
УрФУ 05.04.08

Лобанов Михаил Львович

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
УрФУ 05.04.08

Селиванова Ольга Владимировна

10.06.2021 г.