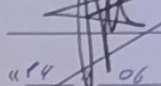


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой

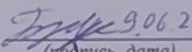
  
В. А. Томило  
«14» 06 2021 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

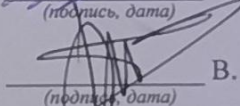
Инновационные технологии изготовления точных поковок из трудно деформируемых титановых и кобальтовых сплавов методами горячего объемного деформирования.

Специальность 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»

Обучающийся группы 10402119

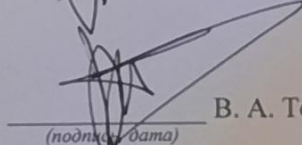
  
Ю. Э. Биленко  
(подпись, дата)

Руководитель

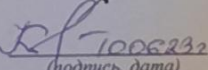
  
В. А. Томило  
(подпись, дата)

Консультанты:

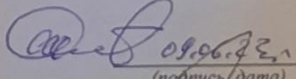
конструкторско-технологический раздел

  
В. А. Томило  
(подпись, дата)

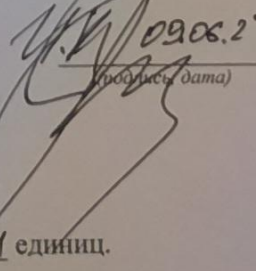
экономический раздел

  
Л. М. Короткевич  
(подпись, дата)

раздел охраны труда

  
А. М. Лазаренков  
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

  
И. Л. Кулинич  
(подпись, дата)

Объем проекта:

пояснительная записка – \_\_\_\_\_ страниц;

графическая часть – \_\_\_\_\_ листов;

магнитные (цифровые) носители – \_\_\_\_\_ 1 единиц.

Минск 2023

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 70 с. 15, рис. 26, табл. 41, источников 0, прил. .

ТИТАН, ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ГОРЯЧАЯ ОБЪЁМНАЯ ОБРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ПОКОВОК, ВИДЫ ЭНДОПРОТЕЗОВ.

Целью дипломного проекта является изучение инновационных методов обработки титановых и кобальтовых сплавов для дальнейшего использования его в медицине.

Для выполнения цели дипломного проекта будут решены следующие задачи:

- Провести анализ литературных источников по теме;
- Провести испытание разных конфигураций нагрева и формы заготовок;
- Провести анализ полученных данных для выявления наиболее подходящих условий обработки.

Элементом научной новизны дипломной работы является применение обновлённого техпроцесса горячей объёмной штамповки, что позволяет снизить расход материала, при этом не ухудшая свойств металла и не снижая производительности труда.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Государственное Научное Учреждение «Физико-Технический Институт Национальной Академии Наук Беларуси» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phti.by>. – Дата доступа: 29.04.2023.

2 Новейшие методы проектирования и изготовления ортопедических имплантатов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://monib-health.com>. – Дата доступа: 29.04.2023.

3 Энциклопедия по машиностроению XXL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mash-xxl.info/page/202227088219210106150119036038063067058198168205/>. – Дата доступа: 29.04.2023.

4 Глазунов, С.Г. Применение титана в народном хозяйстве / С.Г. Глазунов, С.Ф. Важенин. – Киев: Техника, 1975. – 200 с.

5 Способ обработки биосовместимого материала из титана или циркония, используемого для медицинского имплантата: пат ВУ 11777 /В.А. Кукареко, А.В. Белый, В.И. Копылов, А.Г. Кононов, Ю.П. Шаркеев, О. Л. Эйсмонт. – Опубл. 30.04.2009.

6 Способ термической обработки изделий из ( $\alpha+\beta$ )-титановых сплавов: пат ВУ 9345 /В.Н. Федулов. – Опубл. 30.06.2007.

7 Имплантаты для хирургии. Металлические материалы. Часть 3. Деформируемый сплав на основе титана, 6-алюминия и 4-ванадия: ISO 5832-3:1996 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200116339>. – Дата доступа: 24.05.2023.

8 Ильин, А.А Перспективные технологии легких и специальных сплавов / А.А. Ильин, А.М. Мамонов, С.В. Скворцова, В.Н. Карпов, О.А. Поляков // Применение титана и его сплавов в медицине. М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2006. – С. 399–408.

9 Okazaki, Y. Corrosion resistance, mechanical properties, corrosion fatigue strength and biocompatibility of new Ti alloys without V for medical implants / Y. Okazaki, E. Shimura // Proc. World conf. on titanium, 9th. – St. Peterburg. – 1999. – P. 1135–1150.

10 Титановые сплавы. Металлография титановых сплавов / Е.А. Борисова [и др.] М.: Металлургия. – 1980. – 464 с.

11 Металлографическое травление металлов и сплавов: Справ. изд. Баранов Л. В., Демина Э.Л. – М: Металлургия. – 1986. – 256 с.

12 Ильин, А.А. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник / А.А. Ильин, Б.А. Колачев, И.С. Польшкин – М.: ВИЛС – МАТИ. – 2009. – 520 с.

13 Колачев, Б.А. Титановые сплавы разных стран / Б.А. Колачев, И.С. Польшкин, В.Д. Талалаев. – М.: ВИЛС. – 2000 – 316 с.

14 Контроль неразрушающий. Рентгенотелевизионный метод. Общие требования: ГОСТ 27947-88. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200008477>. – Дата доступа: 24.05.2023.

15 Имплантаты для хирургии. Металлические материалы. Классификация микроструктуры стержней из  $\alpha+\beta$  титанового сплава: ISO 20160:2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200167721>. – Дата доступа: 24.05.2023.

16 Металлы. Методы испытаний на растяжение: ГОСТ 1497-84 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200004888>. – Дата доступа: 24.05.2023.

17 Corrosion resistance of pulsed laser-treated Ti-6Al-4V implant in simulated biofluids / N. Zaveri [et al.] // *Electrochimica Acta*. – 2008. – V. 53. – P. 5022–5032.

18 Khosroshahi, M. E. Characterization of Ti6Al-4V implant surface treated by Nd:YAG laser and emery paper for orthopaedic applications / M. E. Khosroshahi, M. Mahmoodi and J. Tavakoli // *Applied Surface Science*. – 2007. – V. 253. – P. 8772–8781.

19 Центральный металлический портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://metallcheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/tit/VT6](https://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/tit/VT6). – Дата доступа: 20.04.2023.

20 Импульсное электронно-пучковое поверхностное легирование сплава VT6 цирконием путем перемешивания предварительно осажденной пленки Zr/Ti пленки / В.П. Ротштейн [и др.] // *Письма в ЖТФ*. – 2008. – Т. 34. – Вып. 20. – С. 65-72.

21 Budzynski, P. Surface modification of Ti-6Al-4V alloy by nitrogen ion implantation / P. Budzynski, A.A. Youssef, J. Seilanko // *Wear*. – 2006. – Vol. 261, issues 11-12. – P. 1271–1276.

22 Ильин, А.А. Влияние ионного азотирования на формирование структуры поверхностных слоев титановых сплавов и сталей / А.А. Ильин // *Материалы 15-ой международной конференции «Взаимодействие ионов с поверхностью»*. Москва. – 2001. – Т.1. – С.120-123.

- 23 Черенда, Н.Н. Азотирование поверхностного слоя стали и титана компрессионными плазменными потоками / Н.Н. Черенда [и др.] // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2012. – №4. – С. 35–42.
- 24 Углов, В.В. Структурно-фазовые превращения в титане, легированном атомами хрома и молибдена при воздействии компрессионных плазменных потоков / В.В. Углов [и др.] // Перспективные материалы. – 2010. – № 1 – С. 24–32.
- 25 Углов, В. В. Формирование поверхностного сплава никелида титана воздействием компрессионными плазменными потоками на систему никель-титан / В.В. Углов [и др.] // Перспективные материалы. – 2013. – № 4. – С. 72-79.
- 26 Liu, X. Surface modification of titanium, titanium alloys and related materials for biomedical applications / X. Liu, P.K. Chu, Ch. Ding // Mater. Sci. and Eng. R. – 2004. – V. 47. – P. 49–121.
- 27 Ильин, А.А. Перспективные технологии легких и специальных сплавов / А.А. Ильин [и др.] // Применение титана и его сплавов в медицине. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2006. – С. 399–408.
- 28 Gotman, I. Characteristics of metals used in implants / I.Gotman // J. of Endourology. – 1997. – V. 11. – №6. – P. 383–388.
- 29 Грибков, В.А. Перспективные радиационно-пучковые технологии обработки материалов / В.А. Грибков [и др.]; под ред. Б.А. Калина. – М.: Круглый год, 2001. – 528 с.
- 30 Физические величины: справочник / А.П. Бабичев [и др.]; под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
- 31 Шиманский, В.И. Структурно-фазовое состояние титана, легированного атомами Mo, Cr, Ni, Zr и Al при воздействии компрессионными плазменными потоками и сильноточными электронными пучками: дис. ... канд. физ.- мат. наук: 01.04.07 / В.И. Шиманский. – Минск, 2013. – 175 с.
- 32 Краткий справочник по химии / Под общ. редакцией О.Д. Куриленко. – Киев: Наукова думка, 1974. – 991 с.
- 33 Миркин, Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л.И. Миркин; под ред. Я.С. Уманского. – Москва: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1961. – 863 с.

- 34 Беркович, И.И. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: учебник для вузов / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та. – 2000. – 268 с.
- 35 Никольский, Л.А. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов / Л.А. Никольский [и др.]. – М.: Машиностроение. – 1975. – 285 с.
- 36 Золоторевский, В.С. Механические свойства металлов: учебник для вузов / В.С. Золоторевский. М.: Металлургия. – 1983. – 352.
- 37 Имплантаты для хирургии. Эндопротезы тазобедренного сустава частичные и тотальные. Часть 4. Определение прочности ножек бедренных компонентов: ISO 7206-4:2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200094181>. – Дата доступа: 25.05.2023.
- 38 Лазаренков, А. М. Охрана труда в металлургии: учебное пособие / А. М. Лазаренков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 376 с.
- 39 Вершина, Г.А. Охрана труда: учебник / Г.А. Вершина, А. М. Лазаренков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 564 с.
- 40 Лазаренков, А.М. Охрана труда. Учебно-практическое пособие по расчетам в охране труда: электронное пособие / А.М. Лазаренков, Т.П. Кот, Е.В. Мордик, Л.П. Филянович. – Минск: Регистр. номер БНТУ/МТФ 35-42.2018. Зарегистрировано 04.05.2018. – 11,7 усл.эл.л.
- 41 Лазаренков, А. М. Охрана труда и пожарная безопасность: учебное пособие / А. М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 548 с.