

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «Машины и технология обработки металлов давлением»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой

  
В.А. Томило

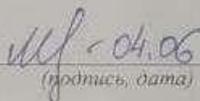
«          » 2021 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

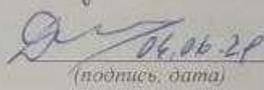
Исследование процесса получения антифрикционного металлополимерного композиционного материала для работы в узлах трения.

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

Обучающийся группы 10402128

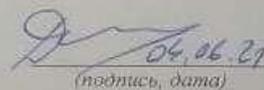
  
В.А. Мельников  
(подпись, дата)

Руководитель

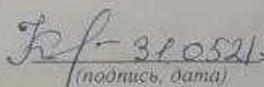
  
Д.В. Минько  
(подпись, дата)

Консультанты:

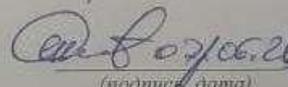
Конструкторско-технологический раздел

  
Д.В. Минько  
(подпись, дата)

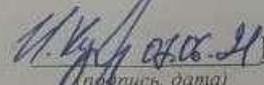
Экономический раздел

  
Л.М. Короткевич  
(подпись, дата)

Раздел охраны труда

  
А.М. Лазаренков  
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

  
И.Л. Кулинич  
(подпись, дата)

Объём проекта:

пояснительная записка – 98 страниц;

графическая часть – 15 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2021

# РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 98 с., 46 рис., 11 табл., 48 источников, 1 приложение.

## АНТИФРИКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, ПОРОШОК, ФТОРОПЛАСТ, БРОНЗА, ПОРИСТОСТЬ, ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ, ПРЕССОВАНИЕ, ПРОКАТКА, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Объектом исследования являются технологии получения антифрикционного металлополимерного композиционного материала и получения изделий из него, а в частности тонкостенных металлофторопластовых втулок для работы в подшипниковых узлах.

Цель работы – исследование процесса получения антифрикционного металлополимерного композиционного материала для работы в узлах трения.

В процессе работы проводился литературный анализ, а также триботехнические испытания образцов композиционного материала, включающего стальную основу с пористым слоем порошка бронзы на поверхности, пропитанным фторопластом, и экспериментальные исследования процесса получения металлофторопластовых втулок из него.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: повышенная износостойкость в условиях сухого трения.

Степень внедрения – результаты исследования возможно использовать для внедрения технологии получения металлофторопластовых втулок на производства тем самым отказаться от импортных аналогов.

Эффективность применения тонкостенных металлофторопластовых втулок определяется их повышенной износостойкостью при эксплуатации в условиях повышенных температур и отсутствия смазки.

Студент подтверждает, что приведенный в дипломной работе аналитический материал объективно отражает состояние исследуемого процесса, все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подшипники скольжения. Втулки свертные. Часть 1. Размеры : ГОСТ 3547-1-2006. – Взамен ГОСТ 27672-88 ; введ. РБ 01.01.10. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 12 с.
2. Чегодаев, Д.Д. Фторопласты / Д. Д. Чегодаев. – Изд. 2-е. – Л.: Госхимиздат, 1960. – 196 с.
3. Машиностроительные фторкомпозиты: структура, технология, применени / С.В. Авдейчик [и др.] ; под науч. ред. В. А. Струка. – Гродно: ГрГУ им. Янки Купалы, 2012. – 339 с.
4. Воробьева, Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств / Г. Я. Воробьева. – М.: Химия, 1967. – 844 с.
5. Газотермическое напыление / Л.Х. Балдаев [и др.]. – М.: Маркет ДС, 2007. – 344 с.
6. Истомин, Н.П. Антифрикционные свойства композиционных материалов на основе фторополимеров / Н.П. Истомин, А.П. Семенов. – М.: Наука, 1981. – 460 с.
7. Designers Handbook #2. Dry bearings of materials. Glacier, 1956.
8. Бобарикин, Ю.Л. Способ изготовления полосового антифрикционного металлофторопластового материала / Ю.Л. Бобарикин, С.В. Шишков // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2011. – № 3(46). – С. 3-10.
9. Применение полимерных материалов в качестве покрытий / С.В. Генель [и др.]. – М.: Химия, 1968. – 240 с.
10. Прутки из оловянно-фосфористой бронзы : ГОСТ 10025-2016. – Взамен ГОСТ 10025-78 ; введ. РБ 01.01.19. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2019. – 16 с.
11. Суспензии фторопластовые. Технические условия : ТУ 6-05-1246-81. – Введ. 01.07.04 – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 6 с.
12. Графит для производства карандашных стержней : ГОСТ 4404-78. – Взамен ГОСТ 4404-73 ; Введ. РБ 17.18.92. Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 8 с.
13. Многослойная металлофторопластовая лента и способ ее изготовления : пат. РФ 2286231 / В.Г. Калиниченко, Д.В. Коваленко, В.Ф. Чугунов, Е.Л. Щеглов. – Оpubл. 27.10.2006.
14. Способ изготовления фторопластовой ленты : пат. RU 2085373 / С.С. Комаров, Б.А. Беяев, В.Р. Хатмуллин, В.Х. Набиуллин, В.П. Байбулатов. – Оpubл. 27.07.1997.
15. Способ получения металлофторопластовых покрытий из порошкообразного материала на цилиндрической поверхности изделий : пат. RU 2033922 / Н.А. Адаменко, Ю.П. Трыков, А.В. Фетисов, Л.М. Гуревич, А.В. Казуров. – Оpubл. 20.08.2003.
16. Способ изготовления многослойной металлофторопластовой ленты : пат.

RU 2210462 / В.Г. Калиниченко, Д.В. Коваленко, В.Ф. Чугунов, Е.Л. Щеглов. Оpubл. – 20.08.2003.

17. Способ получения металлофторопластового материала с сетчатым антифрикционным слоем : пат. RU 2686969 / Л.А. Бохаева, А.С. Чермошенцева, В.Е. Рогов. Оpubл. – 27.07.2019.

18. Способ получения листовых антифрикционных материалов : пат. RU 2438829 / В.Н. Корнопольцев. Оpubл. – 10.01.2012.

19. Биметаллы / Л.Н. Дмитриев [и др.]. – Пермь: Пермское книжное изд-во, 1991. – 445 с.

20. Биметаллический прокат / П.Ф. Засуха [и др.]. – М.: Металлургия, 1971. – 264 с.

21. Производство сталемедных биметаллов холодным плакированием / Р.М. Ключников [и др.] // Цветная металлургия. – 1981. – № 4. – С. 32-34.

22. Формирование износостойких поверхностных структур и механизм фрикционного разрушения при трении в среде смазочного материала, модифицированного ультрадисперсными алмазографитовыми добавками. Ч. 1: Триботехнические свойства / П.А. Витязь [и др.] // Трение и износ. – 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 61-68.

23. Леванцевич, М. А. Технологические возможности покрытий, нанесенных металлическими щетками / М. А. Леванцевич // Вестник ПГУ. – 2003. – Т. 2, – № 4. – С. 53-55.

24. Злобин, Б.С. Разработка и изготовление крупногабаритных подшипников скольжения / Б.С. Злобин // «Инновационные технологии-2001», Материалы международного научного семинара, Красноярск, изд. КГУ, 2001. – С. 37-40.

25. Штерцер, А.А. Влияние состояния поверхности частиц на их консолидацию при взрывном компактировании порошковых и гранульных материалов / А.А. Штерцер // Физика горения и взрыва. – 1993. – Т. 29. – № 6. – С. 72-78.

26. Плазменно-порошковая наплавка слоя бронзы, модифицированного наноразмерными частицами  $Al_2O_3$  / В.Л. Князьков [и др.] // Сборник докладов 13-й международной научно-практической конференции «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня». – Санкт-Петербург. – 2011. – Ч.1. – С. 157-163.

27. Нанотехнологии в машиностроении / А.Н. Смирнов [и др.]. – Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2014. – 207 с.

28. Бартенев, С.С. Детонационные покрытия в машиностроении - Ленинград: Машиностроение, 1982. - 215 с.

29. Семенов А.П. Металлофторопластовые подшипники / Семенов А. П., Савинский Ю. Э. – М.: Машиностроение, 1976. – 192 с.

30. Пленка и ленты из фторопласта-4. Технические условия : ТУ 27-01-01-71. – Введ. 17.12.92 – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 32 с.

31. Устройство для калибровки свертных втулок : а. с. SU 204306 /

А.Х. Грайфер, И.М. Познянский, Н.И. Володин. – Оpubл. 20.10.1967.

32. Устройство для калибровки свертных втулок : а. с. 969362 / Ю.А. Акименко, Ю.А. Алюшин, В.П. Острик, В.С. Куртеев, А.В. Макаров, И.В. Калиновский. – Оpubл. 30.10.1982.

33. Устройство для калибровки свертных втулок : а. с. 326993 / А.П. Некрасов. – Оpubл. 23.03.1972.

34. Фильера для изготовления круглой трубы из листового материала U-образной заготовки: пат. RU 2245250 / Е.Ю. Бухарев, А.И. Берляев, Н.Н. Рыжов. – Оpub. 27.01.2005.

35. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки : ГОСТ 380-2005. – Взамен ГОСТ 380-94 ; введ. РБ 01.02.07. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 18 с.

36. Бронзы оловянные литейные. Марки : ГОСТ 613-79. – Взамен ГОСТ 613-65 ; введ. РБ 17.12.92. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 8 с.

37. Металлы. Методы испытаний на растяжение : ГОСТ 1497-84. – Взамен ГОСТ 1497-73 ; введ. РБ 17.12.92. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 8 с.

38. Штифты и насечные штифты. Испытание на срез : ГОСТ 30322-95 ; введ. РБ 01.03.99. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 8 с.

39. Имплантаты для хирургии. Стандартный метод испытаний для проверки на сдвиг фосфатно-кальциевых и металлических покрытий : ГОСТ 31615-2012 ; введ. РБ 01.07.15. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 16 с.

40. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия газотермические. Общие требования и методы контроля : ГОСТ 9.304-87. – Взамен ГОСТ 9.304-84 ; введ. РБ 01.01.89. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 18 с.

41. Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей : ГОСТ 23.224-86 ; введ. РБ 01.01.87. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 24 с.

42. Микрометры рычажные. Общие технические условия : ГОСТ 4381-87. – Взамен ГОСТ 4381-80 ; введ. РБ 01.04.93. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 16 с.

43. Витязь, П.А. Пористые порошковые материалы и изделия из них / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег. – Минск: Выш. школа, 1987. – 164 с.

44. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 426 с.

45. Roylance, V.J. Ferrography – then and now / V.J. Roylance // Trib. Int. – 2005. – V. 38(10), – P. 857 – 862.

46. Легостаева, Е.В. Сравнительное исследование частиц износа и поверхностей трения, формирующихся в процессе трения и износа неимплантированной и ионно-имплантированной стали 45 / Е.В. Легостаева, Ю.П. Шаркеев, В.А. Кукареко // Физическая мезомеханика. – 2002. – №5. – С. 59 – 70.