


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
КАФЕДРА ВАКУУМНАЯ И КОМПРЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 С.В.Корнеев

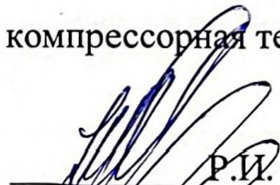
«13» 06. 2024г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА


РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В ВАКУУМНЫХ ПЕЧАХ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ

Специальность 1-36-20-04 «Вакуумная и компрессорная техника»

Обучающийся  
группы 30904120

  
Р.И. Шатухин

Руководитель


  
И.И. Вегера

Консультанты


по разделу технологическому

  
И.И. Вегера

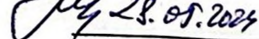
по разделу конструкторскому

  
И.И. Вегера

по разделу экономическому

 28.05.2024 Н.В. Зеленковская


по разделу автоматизации

 28.05.2024 А.Л. Савченко

по разделу охраны труда

 28.05.2024 Т.П. Шрубенко

Ответственный за нормоконтроль

  
Е.П. Орлова

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка - 81 страниц;

графическая часть - 9 листов;

магнитные (цифровые носители) - — единиц.

Минск 2024

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: с. 80, рис. 16, табл. 21, источник 41, прил. 0

Объектом исследования являются вакуумные системы установок химико-термической обработки – вакуумной нитроцементации.

Цель работы – разработка технологии вакуумной нитроцементации для обработки зубчатых колес.

В проекте приведены классические методы химико-термической обработки, проанализированы современные вакуумные оборудования для данного технологического процесса, произведен литературный обзор методов химико-термической обработки в машиностроении, выполнен выбор и расчет вакуумных насосов, разработка режима вакуумной нитроцементации, целесообразных для практического использования. Также выполнена автоматизация системы подачи рабочих газов во время процесса вакуумной нитроцементации, проведено технико-экономическое обоснование и освещены вопросы охраны труда.

Расчетно – аналитический материал в дипломном проекте объективно отражает состояние исследуемого процесса. Все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лахтин, Ю.М. Термическая обработка в машиностроении: справочник / под ред. Ю.М.Лахтина, А.Г.Рахштадта. – Москва: Машиностроение, 1980.- 783 с.
2. Козловский, И.С. Химико-термическая обработка шестерен / И.С. Козловский – Москва : Машиностроение, 1970. – 232 с.
3. Минкевич, А.Н. Химико-термическая обработка стали / А. Н. Минкевич– Москва: ГНТИМЛ, 1950. 434 с.
4. Минкевич, А. Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А. Н Минкевич. – Москва: Машиностроение, 1965. 494 с.
5. Семенов, М. Ю. Оптимизация технологического процесса вакуумной цементации зубчатых колес из теплостойкой стали с целью повышения циклической прочности / М. Ю. Семенов, П. Н. Демидов, В. А. Нелюб // Вестник Брянского государственного технического университета, 2013, №2(28). – С. 69–73.
6. Смирнов, А. Е. Система управления активностью атмосферы при ионной цементации и нитроцементации / А. Е. Смирнов, Н. М. Рыжов // 4-е собрание металлургов России. Сборник материалов.- Пенза, 1998. – ч. 1. – С. 88–89.
7. Берлин, Е. В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей / Е. В. Берлин, Н. Н. Коваль, Л. А. Сейдман. – Москва: Техносфера, 2012. – 464 с.
8. Смирнов, А.Е. Панайоти, А.В. Активный контроль насыщающей способности газовой среды при ионной цементации и нитроцементации / А.Е. Смирнов, А.В. Панайоти // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2002. – № 2. – С. 19-20.
9. Рыжов, Д.Н. Разработка организационно-технологических основ промышленного применения инновационных процессов химико-термической обработки: диссертация степени кандидата технических наук / Д.Н. Рыжов. – Москва, 2000.
10. Смирнов, А.Е. Разработка способов активного контроля и автоматизация процесса ионной цементации легированных сталей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1991. – 16 с.
11. Босяков, М. Н., Моисеенко, А. Н. Выбор режима упрочняющей обработки на установках ионного азотирования промышленного типа / М. Н. Босяков, А. Н. Моисеенко // Современные методы и технологии создания и обработки материалов, – Минск, 2016 г, – ч. 2. – С. 50–58.
12. Босяков, М.Н., Моисеенко, А. Н. Ускоренное формирование науглероженного слоя методом ионно-плазменной цементации./ М. Н. Босяков,



А. Н. Моисеенко // Современные методы и технологии создания и обработки материалов Сб. научных трудов. - Минск: ФТИ НАН Беларуси. 2019. – С. 255-267.

13. Бабад-Захряпин, А.А., Кузнецов. Г.Д. Химико-термическая обработка в тлеющем разряде. / А.А. Бабад-Захряпин, Г.Д. Кузнецов //– М.: Атомиздат, 1975. – 175 с.

14. Рыжов, Н.М. Разработка технологических основ комплексного управления качеством поверхностного слоя зубьев высоконагруженных зубчатых колес с целью повышения их контактной выносливости. / Н.М. Рыжов // автореф. дис. ... докт. техн. наук. – М., 1988. – 32 с.

15. Арзамасов, Б.Н. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б.Н. Арзамасов, А.Г. Братухин, Ю.С. Елисеев, Т.А. Панайоти // – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 400 с.

16. Третьяков, В.И. Моделирование процессов формирования диффузионной зоны при химико-термической обработке в тлеющем разряде / В.И. Третьяков, М.В. Родионов, А.Ю. Ампилогов // *Металловедение. Термическая и химикотермическая обработка сплавов: Сб. науч. тр.* – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – С. 78–94.

17. Криони, Н.К. Способ химико-термической обработки деталей из сплава на основе титана: пат. 2606352 / Н.К. Криони, А.Д. Мингажев, Р.К. Давлеткулов, А.А // заявитель Уфимский государственный авиационный технический университет; заявл. 14.02.2014; опубл. 10.01.2017 // *Официальный бюллетень* – 2017. – № 1.

18. Лахтин, Ю.М. *Материаловедение* / Ю.М. Лахтин, – Москва: Машиностроение, 1990. –528с.

19. Геллер, А.Л. Цементуемые стали для деталей горных машин / А.Л. Геллер / *Технология и организация производства.* 1973. – № 3. – С. 46-49.

20. Макушина, М.А. Исследование технологической наследственности разных способов цементации / М.А. Макушина, А.А. Климкина, С.А. Пахомова. – Москва: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2016. – С. 86-89.

21. Рыжов, Н.М. Особенности вакуумной цементации в ацетилене теплостойкой стали / Н.М. Рыжов, А.Е. Смирнов, Р.С. Фахуртдинов // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2004. – № 6. – С. 10-15.

22. Рыжов, Н.М. Управление характеристиками диффузионного слоя при вакуумной цементации теплостойких сталей / Н.М. Рыжов, А.Е. Смирнов, Р.С. Фахуртдинов и др. // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2004. – № 8. – С. 22-27.

23. Босяков, М.Н. Массоперенос углерода при ионной цементации стали в установках промышленного типа XII МНТК «Современные методы и

технологии создания и обработки материалов» / М.Н. Босяков, В.В. Былицкий, В.В. Рудый, И.Л. Поболь // Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2017, стр.28-36.

24. Фролов, Е.С. Механические вакуумные насосы./ Е.С. Фролов, И.В.Автономова и др.-М.:Машиностроение,1989 – 288с.

25. Пипко, А.И. Основы вакуумной техники: Учебник для техникумов / А. И. Пипко // – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 432 с., ил.

26. Контрольно-измерительные приборы ОВЕН: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, приводная техника, блоки питания и терморегуляторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/>. – Дата доступа: 04.29.24.

27. Методика оценки эффективности технологических процессов : метод. пособие для специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств». Белорусский национальный технический университет, кафедра «Экономики и организации машиностроительного производства». // Минск: БНТУ, 2013.

28. Бабук, И.М. Экономика промышленного предприятия: учебное пособие / И.М. Бабук, Т.А. Сахнович. – Минск: Новое знание; М.:ИНФРА-М, 2013. – 439 с.

29. Адаменкова, С.И. Расчет экономической эффективности внедрения новых технологических процессов: учебно – методическое пособие / С.И. Адаменкова [и др] Минск: БНТУ, 2015, 51 с.

30. Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях: СанПиН №33.- Минск: Минздрав, 2013. – 16с.

31. СанПиН «Требования к контролю воздуха рабочей зоны», утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11.10.2017 № 92.

32. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. // Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2019.

33. Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: СанПиН №115.- Минск: Минздрав, 2011. – 12с.

34. Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров при работах с источниками производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий: СанПиН №132. // Минск: Минздрав, 2012. – 25с.

35. Естественное и искусственное освещение: СН 2.04.03-2020 // Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2020.

36. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ): СанПиН от 05.03.2015 №23, // Минск: Минздрав 2015.

37. ТКП 181-2022. Правило технической эксплуатации электроустановок потребителей.

38. Оборудование производственное: ГОСТ 12.2.003-91.ССБТ // Москва: Стандартинформ, 1991. - 10с.

39. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: СН 2.02.05-2020 // Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям, 2020.

40. Пожарная техника. Огнетушители. Требования к выбору и эксплуатации ТКП 295-2011 (02300).

41. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019 // Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2019.