

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Факультет Институт электронной техники и машиностроения
Направление Металлургия
Кафедра Сварка и металлургия

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологии термохимического упрочнения изделий из технического титана

(тема)

Выполнил студент группы б1МЕТЛ-41 Войко А. В.

зачет. кн. № 133764

Руководитель работы к.т.н., доцент Фомин А. А.

Саратов – 2017

Цель: разработать технологию термохимической обработки (ТХО) и определить влияние термохимической обработки на изменение физико-механических свойств поверхности титановых изделий .

Актуальность: отсутствие эффективных ресурсосберегающих подходов к повышению механических характеристик изделий из титана.

Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько **основных задач:**

1. провести аналитический обзор литературы и патентной документации;
2. разработать конструкцию оснастки для ТХО, а также некоторых узлов индукционной установки;
3. провести численное моделирование процесса ТХО;
4. разработать технологию ТХО титановых изделий типа диск;
5. исследовать влияние ТХО на физико-механические свойства изделия;
6. дать оценку безопасности технического процесса;
7. выявить вредные факторы, воздействующие на человека и экологию;
8. дать технико-экономическую оценку разработанным технологическим рекомендациям.

Изделия из титана с термохимически обработанными поверхностями

Контактные
площадки датчиков



Медицинские изделия



Детали турбин



Комплектующие
ДВС



Методы термохимической обработки титановых сплавов

Азотирование – повышает твердость и коррозионную стойкость;

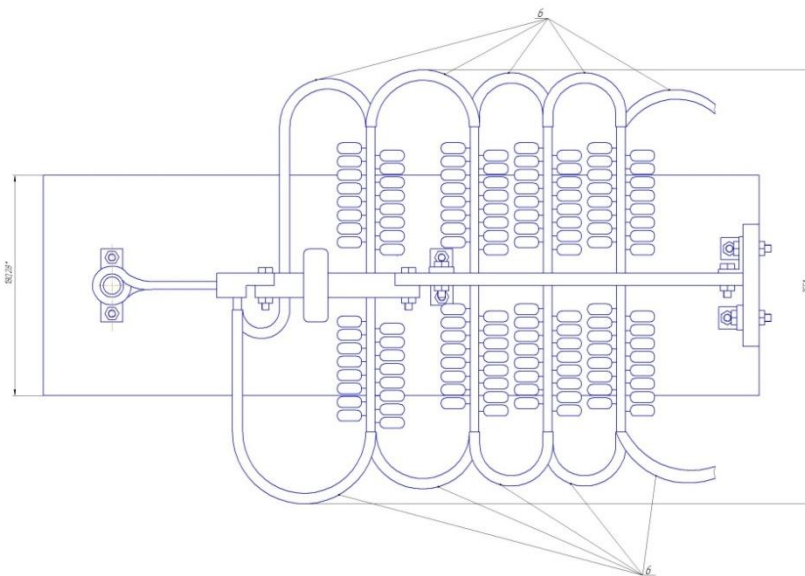
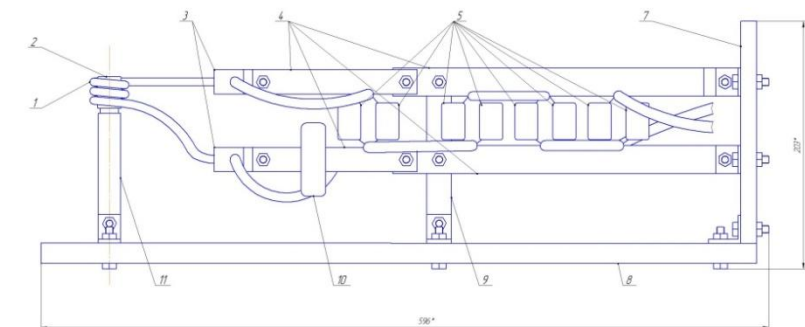
Наводороживание – повышает твердость и пластичность

Силицирование – повышает жаростойкость, твердость и износостойкость;

Борирование – повышает тепло- и электропроводность

Оксидирование – повышает твердость, коррозионную стойкость и биосовместимость

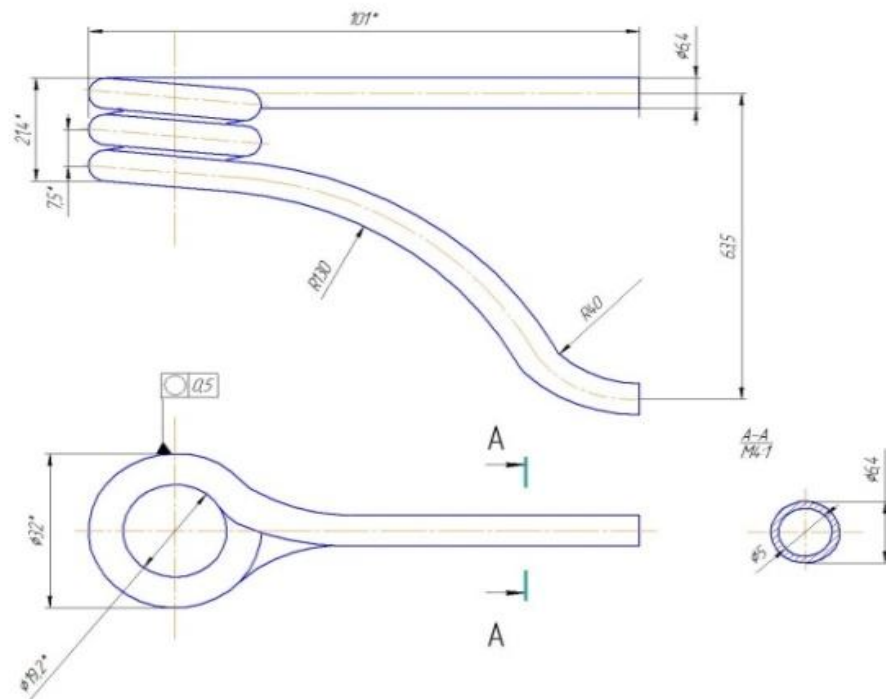
Науглероживание титана – повышает твердость, износо- и коррозионностойкость



1. Фиксация силиконовых шлангов подающих/отводящих: внутренний диаметр 6,2 мм, осуществляется при помощи...
2. Длина шлангов выбирается так, чтобы не было перегибов в местах фиксации.
3. Соединение индуктора с медными клеммами и конденсаторов с медными проводниками осуществляется посредством припоя ПТС-60.
4. Суммарная емкость конденсаторных батарей 6,8 мкФ.
5. Токоподводящие части конденсаторных батарей изготовлены из медной трубки: внешний диаметр 6,4 мм и внутренний 5 мм.
6. Соединение токоподводящих частей осуществляется болтами М6x25.
7. Диэлектрическая опора, диэлектрическая опора и задняя стенка изготавливаются из текстолита марки А.
8. Токовые шины изготавливаются из медного прутка диаметром 20 мм.
- 9* размеры для справок.

КФБН 13764.02.00.000 СБ			
№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество
1	Индуктор	шт	1
2	Кварцевая камера	шт	1
3	Медные клеммы	шт	1
4	Токовые шины	шт	1
5	Конденсаторные батареи	шт	1
6	Диэлектрическая опора	шт	1
7	Диэлектрическая опора	шт	1
8	Диэлектрическая опора	шт	1
9	Диэлектрическая опора	шт	1
10	Диэлектрическая опора	шт	1
11	Диэлектрическая опора	шт	1
12	Диэлектрическая опора	шт	1
13	Диэлектрическая опора	шт	1
14	Диэлектрическая опора	шт	1
15	Диэлектрическая опора	шт	1
16	Диэлектрическая опора	шт	1
17	Диэлектрическая опора	шт	1
18	Диэлектрическая опора	шт	1
19	Диэлектрическая опора	шт	1
20	Диэлектрическая опора	шт	1
21	Диэлектрическая опора	шт	1
22	Диэлектрическая опора	шт	1
23	Диэлектрическая опора	шт	1
24	Диэлектрическая опора	шт	1
25	Диэлектрическая опора	шт	1
26	Диэлектрическая опора	шт	1
27	Диэлектрическая опора	шт	1
28	Диэлектрическая опора	шт	1
29	Диэлектрическая опора	шт	1
30	Диэлектрическая опора	шт	1

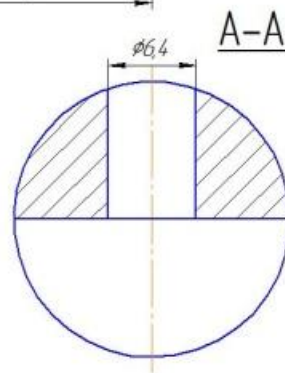
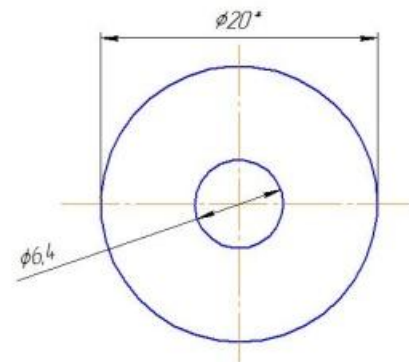
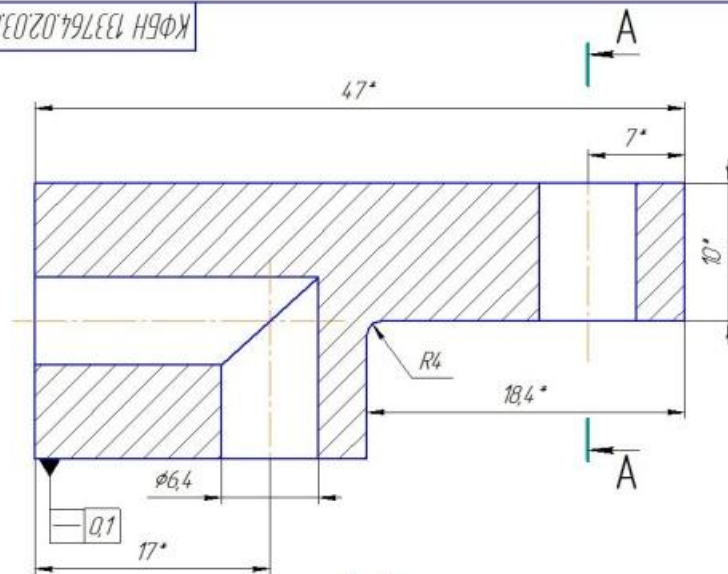
- Сборочный чертеж колебательного контура установки для индукционного нагрева: а – вид спереди, б – вид сверху; цифрами на рисунке показано: 1 – индуктор, 2 – кварцевая камера, 3 – медные клеммы, 4 – токовые шины, 5 – конденсаторные батареи, 6 – силиконовые шланги, 7 – задняя стенка, 8 – диэлектрическое основание, 9 – диэлектрическая опора, 10 – токовый трансформатор, 11 – диэлектрический держатель образца



- 1 Число выключ - 2
2 Направление напылки - левое
3 * размеры для справок

[illegible]

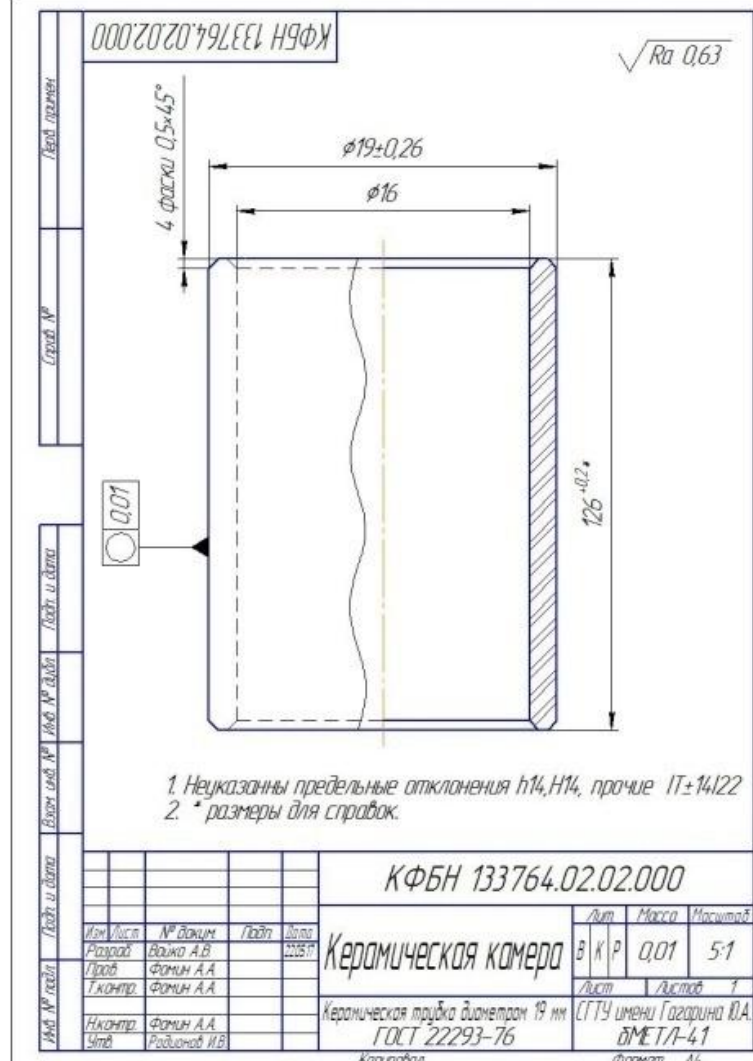
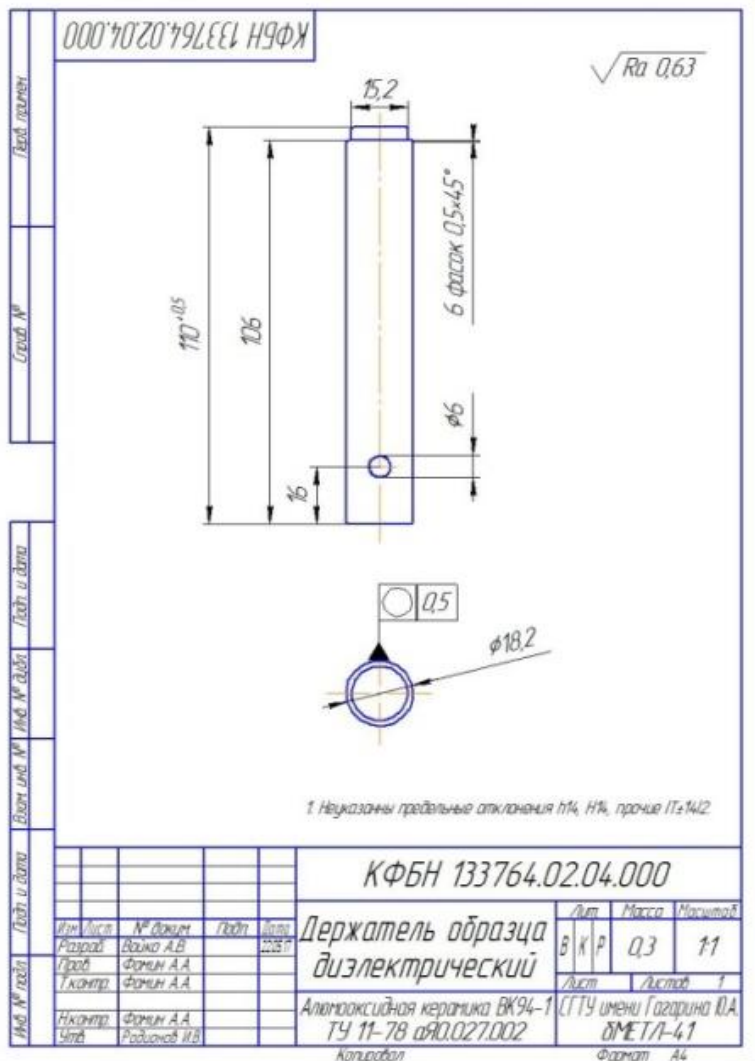
КФБН 133764.02.03.000

 $\sqrt{Ra\ 125}$ 

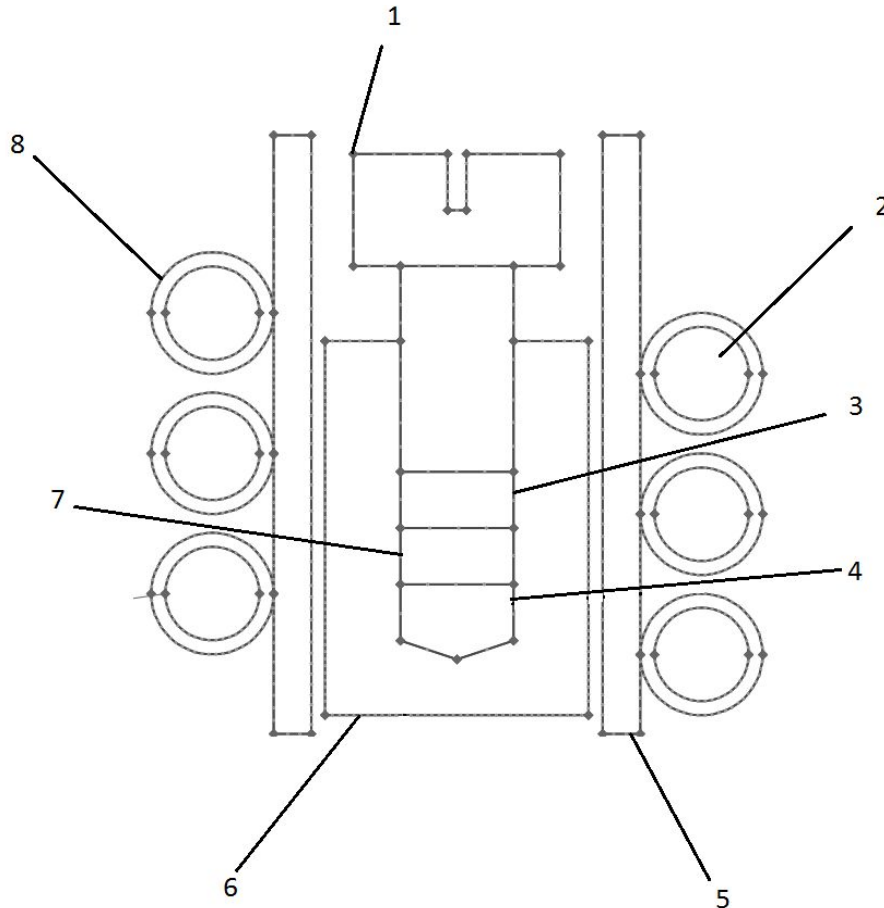
1. Неуказаны предельные отклонения $h14, H14$, прочие $IT\pm14I2$
2. Фаски кругом $0,5 \times 45^\circ$
3. Радиальные отверстия расположены под одним углом по отношению друг к другу
4. * размеры для справок.

КФБН 133764.02.03.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разраб.	Валко А.В.		22.07.17
Проб.	Фомин А.А.		
Контр.	Фомин А.А.		
Исполн.	Фомин А.А.		
Удобр.	Радченко И.В.		
Медный клемник			
Медь М1 ГОСТ 859-2001			
В	К	Р	Q1
Лист	Листов	1	
СГТУ имени Гагарина Ю.А.			
Формат А3			

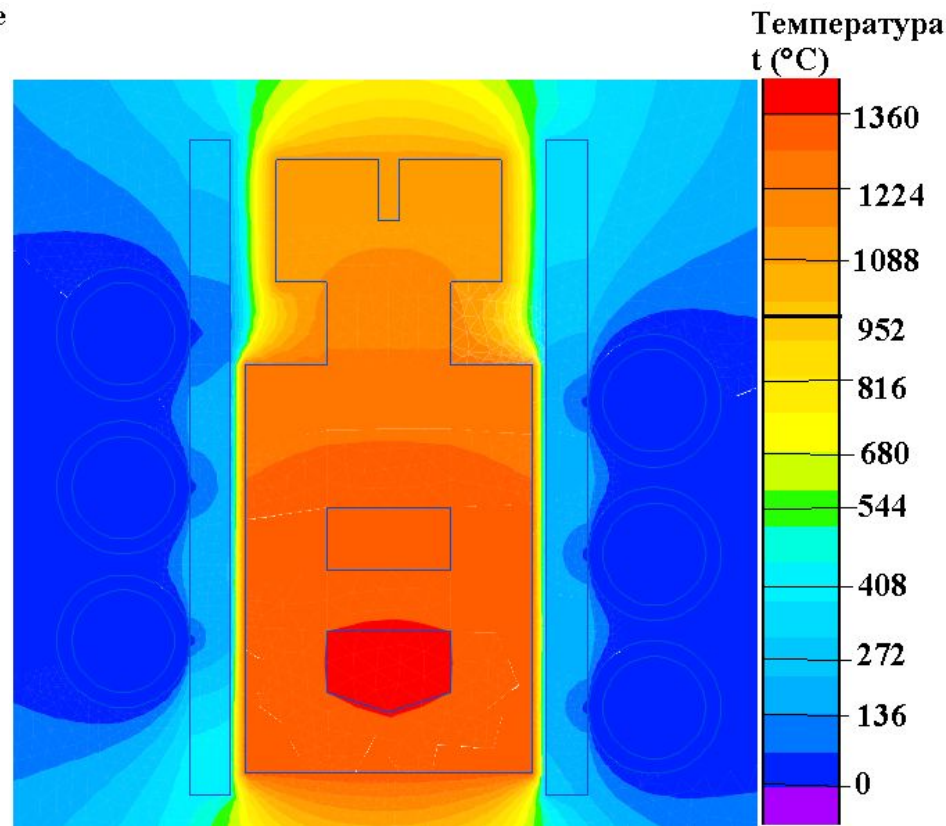
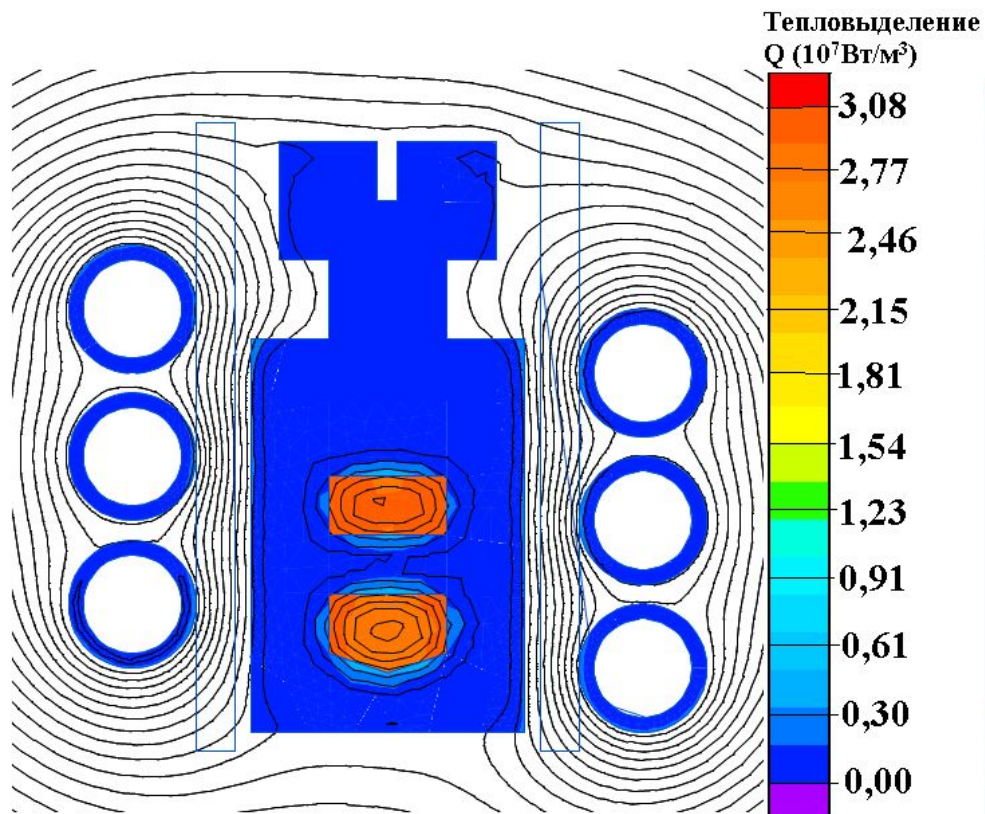
Копировал



Численное моделирование процесса нагрева титанового контейнера токами высокой частоты



- Исходная двумерная модель контейнера для ТХО помещенного в индуктор. Цифрами на рисунке обозначено: 1 – титановый болт; 2 – вода; 3-4 – графит; 5 – кварцевая трубка; 6 – титановый контейнер; 7 – титановый образец; 8 – индуктор



- Результат расчета при силе тока индуктора 0,6 кА и $t = 300$
с

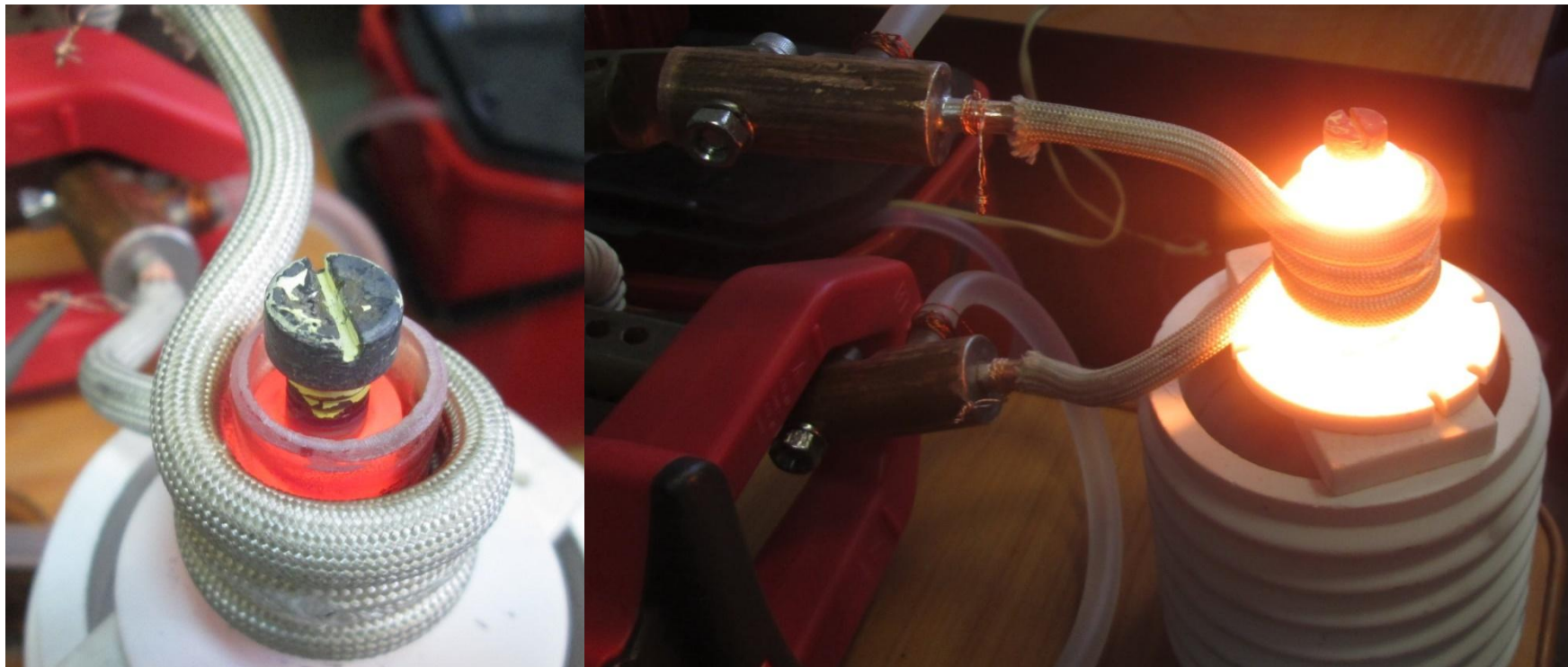
Технологии изготовления титанового изделия и проведения процесса термохимической обработки

Номер операции	Тип операции	Цели операции	Описание операции	Оборудование, инструмент, материалы, режимы
1	2	3	4	5
005	Заготовительная	Подбор материала	1. Отрезание, правка	Визуальный осмотр. Инструменты: штангенциркуль; материалы: ВТ1-0.
010	Токарно-винторезная	Получение образца заданной формы и размера	1. Установка и снятие детали 2. Проточка заготовки до диаметра 6 мм; 3. Подрезание торца Ra=0,63; 4. Снятие фаски; 5. Отрезание диска от заготовки длиной 4 мм;	Оборудование: настольный токарно-винторезный станок «Энкор Корвет-400». Инструменты: токарный резец (проходной); токарный резец (подрезной); токарный резец (отрезной); надфиль; Режимы: скорость резания 15-30 мм/мин; глубина резания: 0,4-0,5 мм (черновая), 0,01-0,02 мм (чистовая).
015	Монтажная	Установка титанового образца в контейнере	1. Засыпка графита внутрь корпуса контейнера (1/4 внутреннего объема); 2. Установка образца внутри корпуса контейнера; 3. Засыпка графита внутрь корпуса контейнера (1/4 внутреннего объема); 4. Вкручивание в корпус болт-заглушку.	Титановый контейнер, болт-заглушка. Инструменты: ложечка; отвертка прямая.

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
020	Термообработка	Нагрев металлического контейнера токами высокой частоты	1. Установка контейнера в индуктор; 2. Разогрев до заданной температуры; 3. Выдержка при заданной температуре; 4. Охлаждение до комнатной температуры; 5. Извлечение контейнера из индуктора.	Оборудование: индукционная установка; пирометр; температура $T = 1300\text{ C}$, выдержка 0,1 ч
025	Демонтажная	Извлечение образца из контейнера	1. Извлечение контейнера из индуктора; 2. Выкручивание болта заглушки; 3. Извлечение остатка графита;	Титановый контейнер, болт-заглушка. Инструменты: ложка; отвертка прямая.
030	Промывочная	Удаление с поверхности изделия остатков графита	1. Помещение изделия в ультразвуковую ванну; 2. Заливка изделия спиртовым раствором; 3. Запуск установки; 4. Выключение установки; 5. Извлечение титанового изделия;	Оборудование: ванна ультразвуковая «ВУ-09-Я-ФП-03». 70 % спиртовой раствор. Режимы: частота ультразвукового колебания – 40 кГц; температура среды – 30°C; продолжительность – 3 мин.
035	Контрольная	Измерение параметров структуры, твердости	1. Анализ структуры образцов; 2. Измерение микро-твердости.	Оптический микроскоп «МБС-10», «МИМ-8М», микротвердомер «ПМТ-3М».

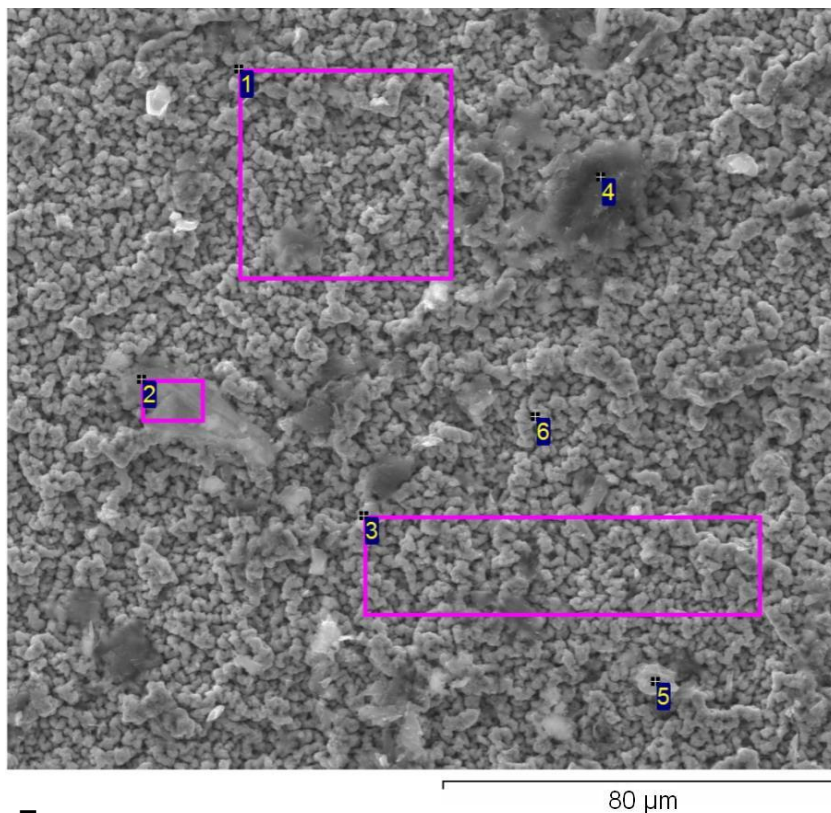
Исследование влияния термохимической обработки на твердость изделий из технического титана



- Режимы ТХО: температура - 1300°C , выдержка 5 мин.



- Морфология поверхности диска из технического титана а – до ТХО, б – после ТХО



Соотношени
е $Ti/C \approx 1$

- Данные энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа поверхности титана полученные с помощью растрового электронного микроскопа «MIRA II LMU» при увеличении $\times 1000$, цифрами обозначены участки, где анализировался химический состав покрытия



Безопасность технологического процесса обработки токами высокой частоты (ТВЧ)

- В данном разделе были представлены опасности возникающие при проведении данного процесса, а также произведены инженерные решения и способы уменьшения возникновения опасных факторов:

1. Повреждение от падающих заготовок
2. Поражение о вращающиеся части станка
3. Попадание на кожу охлаждающих жидкостей и смазочных масел
4. Поражение повышенным уровнем шума
5. Воздействие вибраций
6. **Поражение металлической пылью**

Экологическая экспертиза объекта

Конечным результатом экологической экспертизы объекта является:

- 1. расчет ПДК титановой пыли и ее сравнение с показателями, указанными в документе ГН 2.2.5.686-98**
- 2. определение образования пара при испарении СОЖ в результате нагрева заготовки во время точения**
3. выбор мероприятия по эффективному снижению или устранению вредного воздействия на экологическую обстановку
4. приведение экологической эффективности разрабатываемой технологии.

Экономическая эффективность внедрения процесса термообработки титановых изделий с пористыми элементами

Деталь	Стоимость
Аналог	6000
Предлагаемый	8200

Коэффициент удорожания изделия по предлагаемой нами составляет 1,36

Экономическая эффективность составляет 2,6 рубля, на каждый 1 рубль, затраченный на термохимическую обработку ТВЧ

Заключение

- В результате выполненной данной исследовательской работы, было установлено, что в процессе термохимической обработки технического титана в герметичном контейнере происходит заметное упрочнение поверхностного слоя изделия. Также было установлено, что в результате термохимической обработки на поверхности изделия образуется карбид титана, имеющий высокую твердость и износостойкость.

Титановые изделия типа «диск», имеющие высокую твердость покрытия TiC порядка 21,6 ГПа после ТХО, могут эффективно использоваться в устройствах не разрушающего контроля, а именно контактных площадок коэрцитиметров (структуроскопов), вихретоковых измерителей толщины и шероховатости.

Спасибо за внимание!