

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии

Кафедра инженерной физики

Утебасов Темирлан Галымжанович

Разработка технологического режима термической обработки заготовки
зубчатого колеса

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В07100 - Материаловедение и технология новых материалов

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии

Кафедра инженерной физики

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Инженерная физика»,
Доктор РИН
Р.Б. Бейсенов
«16» мая 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Разработка технологического режима термической обработки
заготовки зубчатого колеса»

по специальности 5В07100 - Материаловедение и технология новых
материалов

Выполнил

Т.Г. Утебасов

Рецензент

канд. техн. наук, Зав. национальной
Научной лабораторией АО «ИМиО»

А.В Паничкин

«16» 05 2019 г

Научный руководитель, лектор

Б.Ш. Кошимбаев
«16» мая 2019г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии

Кафедра инженерной физики

5В071000 - Материаловедение и технология новых материалов

УТВЕРЖДАЮ



кафедрой
физика»,

Р.Е. Бейсенов
май 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Утебасову Темирлану Галымжановичу

Тема: Разработка технологического режима термической обработки заготовки зубчатого колеса

Утверждена приказом ректора университета №1252-б от «06» ноября 2018г.

Срок сдачи законченной работы «21» 05 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: Материалы получены на преддипломной практике и АО «АЗТМ»

Краткое содержание дипломной работы:

- 1) введение;
- 2) выбор материала для изготовления заготовки зубчатого колеса;
- 3) виды термической обработки для зубчатого колеса марки стали 25ХГТ;
- 4) расчет режима термической обработки;
- 5) оборудования для проведения термической обработки;
- б) Планировка термического участка;
- 7) заключение.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Чертеж зубчатого колеса стали 25ХГТ после термической обработки цементации с последующим подстуживанием и закалкой в малсло и низкотемпературный отпуск с охлаждением на воздухе.

Рекомендуемая основная литература:

- 1 Термическая обработка : учеб. пособие / О. Ю. Бургонова, В. В. Акимов- -ОмГТУ – Омск.: Минобрнауки России, 2016. - 114 с.
- 2 [http://vtormetall.biz/poleznaya-informatsiya/27-tsena-na-metallolom.](http://vtormetall.biz/poleznaya-informatsiya/27-tsena-na-metallolom)

3 Гуляев, А.П. Металловедение : учеб. для вузов. / А.П. Гуляев. – М. : Металлургия, 1986.– 541 с.

4 Колочев, Б.А., Елагин, В.И., Ливанов, В.А. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. – М.: МИСИС, 1999.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

| Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления научному руководителю и консультантам | Примечание |
|---|---|------------------|
| Выбор материала для изготовления заготовки зубчатого колеса | 28.02.2019г. 11.03.2019г. | <i>выполнено</i> |
| Режим термообработки, расчет режима термической обработки и планировка термического участка | 15.03.-25.04.2019г. | <i>выполнено</i> |
| Результаты исследования и их обсуждение | 25.04.2019г. 08.05.2019г. | <i>выполнено</i> |

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

| Наименование разделов | Консультанты И.О.Ф. (уч.степень, звание) | Дата подписания | Подпись |
|--|--|-----------------------|--------------|
| Технологическая часть дипломной работы | Б.Ш. Кошимбаев лектор | <i>Б.Ш. Кошимбаев</i> | 16.05.2019г. |
| Нормоконтролер | А.Б. Телешева Доктор PhD | <i>А.Б. Телешева</i> | 16.05.2019г. |

Научный руководитель

Б.Ш. Кошимбаев Б.Ш. Кошимбаев

Задание принял к исполнению обучающийся

Т.Г. Утебасов Т.Г. Утебасов

Дата

«21» 05. 2019 г.

РЕЦЕНЗИЯ
на дипломную работу

Утебасова Темирлана Галымжановича

специальность 5В071000 – Материаловедение и технология новых материалов

На тему: Разработка технологического режима термической обработки заготовки зубчатого колеса

Выполнено:

- а) графическая часть на 3 листах
- б) пояснительная записка на 38 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

- 1. В работе выявлены незначительные стилистические ошибки.
- 2. Отсутствует информация об объеме производства, соответственно не ясно правильно ли подобрано оборудование для термического цеха и его количество.
- 3. Состав газового карбюризатора, приведенный в таблице 7, включающий помимо метана карбонаты калия и бария и оксид кремния невозможно применить на практике.
- 4. Не понятно при помощи какого оборудования планируется подготовка газовой атмосферы для цементации.

Оценка работы

В дипломной работе разрабатывается технология термической обработки заготовки зубчатого колеса диаметром 231.22мм, с требуемой твердостью поверхности зубьев 58-63 HRC. На основе анализа свойств и стоимости применяемых для этих целей сталей выбрана марка стали 25ХГТ. Выбор стали обоснован по экономическим характеристикам, механическим свойствам: твердость и ударная вязкость, возможности термической и химико-термической обработки.

Был проведен расчет времени термической обработки в частности продолжительности нагрева детали, времени ее выдержки для цементации и времени охлаждения, закалки, отпуска.

Осуществлен подбор оборудования: для цементации - муфельная шахтная печь Ц-105 в количестве одной штуки; для закалки - камерная электропечь СНО-5.10.5/8 в количестве двух штук; для отпуска - камерная электропечь НКО-6.12.5/7 в количестве двух штук.

Был построен график термической обработки, где указано почасовое и поминутное время термообработки зубчатого колеса.

Работа выполнена в соответствии с требованиями ГОСТа.

В связи с этим, дипломная работа заслуживает высокой оценки - 92%.

Рецензент

канд. техн. наук, Зав. национальной
научной лабораторией АО «ИМиО»

А.В.Паничкин

(подпись)

«16»

05

2019 г.



| | |
|---|---------------------|
| Қолы/подпись | <i>А.В.Паничкин</i> |
| растаймын / заверяю | |
| Бас ғылыми хатшы / Главный ученый секретарь | |
| «Металлургия және кен байыту институты» АҚ | |
| «16» 05 2019 ж. | <i>Паничкин</i> |

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломную работу

Утебасов Темирлан Галымжанович

5B071000 – Материаловедение и технология новых материалов

Тема: _Разработка технологического режима термической обработки заготовки зубчатого колеса.

В дипломной работе были рассмотрены следующие задачи:

1. Для изготовления детали «зубчатое колесо», исходя из механических и экономических характеристик, была выбрана сталь 25ХГТ. С учетом выбранного материала для обеспечения твердости 60–62 HRC на глубину 2,0–2,5 мм предложена химико-термическая обработка: цементация в газовом карбюризаторе при температуре 950 °С, с последующим подстуживанием до температуры 850°С, охлаждением в масле и низким отпускком при температуре 190-210 °С.

2. Были решены задачи для расчета времени термической обработки в частности для нагрева детали, времени ее выдержки и времени охлаждения для цементации, закалки и отпуска.

3. Из оборудования было выбрано для цементации муфельную шахтную печь Ц-105 в количестве одной штуки; для закалки была выбрана камерная электропечь СНО-5.10.5/8 в количестве двух штук; для отпуска также была выбрана камерная электропечь, но марки НКО-6.12.5/7 в количестве двух штук.

4. Был спроектирован термический цех, так же было выбрано оборудование, подходящее для проведения термической обработки и для контроля качества после её проведения.

На основании выше изложенного считаю, что дипломная работа принята к защите.

Научный руководитель

Лектор

(должность, степень, звание)

Кошимбаев Б.Ш..

(подпись)

2019 г.

АҢДАТПА

Бұл жұмыста тісті доңғалақты жасауда термиялық өңдеу режимін технологиялық өндіру үшін материалды таңдаудың нәтижелері талданған және жинақталған. Эксплуатациялық, технологиялық және экономикалық сипатына сәйкес 25 ХГТ болат таңдалған. Термикалық өңдеу ретінде маймен араластырып, сосын суытып, төменгі температурада босату үшін цементтеу таңдалған. Қажетті қаттылықты алу үшін (58-62 HRC) міндетті түрде химиялық-термикалық өңдеу жүргізу (цементтеу) керек екендігі анықталды.

Көрсетілген детальды өңдеу бойынша термикалық учаске жасалды, негізгі және қосалқы құрылғының мәселелері, сондай-ақ тісті доңғалақты термикалық өңдеу үшін технологиялық құрылғыны орналастыру қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

В работе проанализированы и обобщены результаты выбора материала для технологической разработки режима термической обработки заготовки зубчатого колеса. Выбрана сталь 25ХГТ в соответствии с эксплуатационными, технологическими и экономическими характеристиками. В качестве термической обработки выбрана цементация с последующим подстуживанием под закалку в масле и низкотемпературного отпуска. Установлено, что для получения нужной твердости (58-62 HRC) необходимо провести химико-термическую обработку (цементация).

Разработан термический участок по обработке указанной детали, рассмотрены вопросы основного и вспомогательного оборудования, а также планировка технологического оборудования для термической обработки зубчатого колеса.

ABSTRACT

In work results of material selection for technological development of the heat treatment mode of gear wheel were analyzed and summarized. 25 CrMnTi steel is selected according to exploitative, technological and economic characteristics. As heat treatment cementation is selected followed by boiling for quenching in oil and low-temperature tempering. It was found that to obtain the desired hardness(58-62HRC) it is necessary to carry out chemical-thermal treatment.

Thermal processing area and the specified detail was developed, main and auxiliary equipment issues was considered, as well as planning of technological equipment for heat treatment of gear wheel was considered too.

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|-----|---|----|
| | ВВЕДЕНИЕ | 9 |
| 1 | Выбор материала для изготовления заготовки зубчатого колеса | 10 |
| 1.1 | Анализ детали – зубчатое колесо | 11 |
| 1.2 | Конструкционные материалы для изготовления зубчатого колеса | 13 |
| 2 | Виды термической обработки для зубчатого колеса марки стали 25ХГТ | 17 |
| 2.1 | Выбор карбюризатора для химико-термической обработки | 18 |
| 3 | Расчет режима термической обработки | 23 |
| 4 | Оборудования для проведения термической обработки | 28 |
| 4.1 | Основное оборудование | 28 |
| 4.2 | Вспомогательное оборудование | 30 |
| 5 | Планировка термического участка | 33 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 35 |
| | СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 36 |

ВВЕДЕНИЕ

Общая нынешняя тенденция в материаловедении – идти к уменьшению материалоемкости материалов и конструкций, долговечности детали, поднятию мощностных характеристик, а также к доступности в мире экономики. В материаловедении, чтобы производить зубчатые колеса используют даже пластмассы, латуни и в основном стали; эту деталь также производят из латуни и алюминиевых сплавов, но уже в приборостроении. Материал выбирают с целью его предназначения в работе, диаметрами его колес, условиями работы детали, а также его видами производства такими, как единичное, серийное или массовое и в соответствии с соображениями технологического плана. Для производства зубчатых колес главными материалами являются легированные и термообработанные углеродистые стали, благодаря которым создается большая объемная прочность их зубьев, также создается большая износостойкость активных поверхностей зубчатых детали и повышается их твердость в соответствии с требованиями 58-63 HRC. Повышенный срок эксплуатации, отличная надежность, улучшенные качества – это все для зубчатого колеса можно получить путем выбора хорошего материала.

Цель дипломной работы разработать правильный технологический режим термообработки заготовки зубчатого колеса (время нагрева, температуру нагрева, продолжительность выдержки в печи, скорость охлаждения). Разработать режим отпуска в соответствии с требуемыми свойствами (в дипломной работе «контролирующим» фактором будет являться твёрдость), необходимо знать цель и особенность каждого из легирующих элементов, выбранных для материала и выбранных видов термической обработки.

1 Выбор материала для изготовления заготовки зубчатого колеса

Для того, чтобы создать зубчатое колесо заготовка должна получить данные технологические этапы:

- отливка;
- поковка, которая была произведена обычной свободной ковкой на ковочном молоте;
- штампованная заготовка в подкладных штампах, которая была выполнена на молоте или на прессе;
- штампованная заготовка на закрепленных штампах, которые были выполнены на прессе, горизонтально-ковочных машинах или аппаратах, а также на молоте.

Выбор заготовки

- Заготовки, получаемые на молотах в свободной ковке, не соответствуют готовой детали по конфигурационным данным, но структура металла в отличие от заготовки, которая была отрезана пилой от прутка, а благодаря ковке улучшается.

- Уменьшенный расход металла благодаря отсутствию облоя, форма заготовки близка к готовой детали, в разы уменьшается себестоимость, металл экономится от десяти до тридцати процентов (10-30%). Это все происходит благодаря штамповке заготовок на закрытых штампах. Но существует повышенный расход штампов в этом выборе заготовки.

- Штамповка на прессах в сравнении с штамповкой на молотах превосходит в следующем: изготавливается точная и верная штамповочная заготовка, припуски и напуски меньше на тридцать процентов (30%), по габаритам заготовка близка к готовой детали. На прессах есть способность штамповать со сверлением отверстия.

- Зубчатые колеса, которые имеют хвостики или отверстия производят с помощью штамповки на горизонтально-ковочных машинах.

- Чтобы избежать появления трещин при зубошлифовании деталь необходимо хорошо отпустить.

Зубчатое колесо. Маршрут обработки:

- Выбор главных технологических базовых характеристик зажат непосредственно с механизмом зубчатого колеса: наружного либо внутреннего зацепления, центральная сверлина – безрезьбовое или со шпоночным гнездом, либо с прорезью и пр.;

- На первоначальной операции осуществляется разработка основных баз;

- Выборка инструментов и технологического оборудования разнообразно и еще зависит от размеров и конструктивных особенностей зубчатого колеса;

Как и обработка валов, технологический маршрут обработки колеса, делится на три стадии:

- первичная термическая обработка заготовки;
- основная термическая обработка детали;

- окончательная термическая обработка.
Технологический маршрут изготовления зубчатого колеса:
- Вырезка отмеренной заготовки с проката из заготовительного цеха.
- С кузнечно-штамповочного цеха – горячая штамповка.
- В термическом цеху проходит изотермический отжиг (предварительная термическая обработка)
- В механическом цеху проходит черновая механическая обработка.
- Цементация проходит в термическом цеху.
- соответственно.
- В механическом цеху – чистовая механическая обработка.
- Контроль качества в термическом цеху Закалка и низкий отпуск также проходит в термическом цеху

Анализ детали – зубчатое колесо

Анализ условий работы детали. Для того, чтобы правильно найти и выбрать материал необходимо оценить эксплуатационные, технические, технологические и экономические требования к детали. Главным критерием выбора являются эксплуатационные характеристики.

В зависимости от условий выполняемой работы и назначения к зубчатым колесам предъявляются следующие требования:

а) высокая износостойкость рабочих поверхностей зубьев, достигаемая за счет применения высококачественных легированных сталей, термической и химико-термической обработки, механического упрочнения, отделки поверхности;

б) бесшумность и плавность хода, точность передачи движений, достигаемые точностью изготовления профиля зубьев, их отделкой и устранением эксцентрисности зубчатых венцов;

в) достаточный коэффициент полезного действия;

г) высокая усталостная прочность зубьев, достигаемая их тщательной обработкой, термическим, механическим, термомеханическим упрочнением, отделкой.

К детали типа «зубчатое колесо» предъявляются следующие технические требования:

•HRC 60-62; h=2,0-2,5 (поверхность зубьев).

•21000 HB min.

Перечисленные требования объясняются высокими окружными скоростями, контактными давлениями, изгибающими циклическими нагрузками.

В процессе работы зубья подвергаются действию изгибных нагрузок, вызывающих излом ножки зуба; поверхность зубьев подвергается действию относительно больших контактных давлений и истиранию, приводящих к выкрашиванию и износу. Для улучшения эксплуатационных свойств рабочие поверхности зубьев в большинстве случаев должны иметь высокую

поверхностную твердость (HRC 58-62) при относительно вязкой и пластичной сердцевине, обеспечивающей повышенную прочность при циклических и ударных нагрузках. В ряде случаев зубчатые колеса работают в менее жестких и тяжелых условиях, вследствие чего требования к их изготовлению также ниже.

Характер технологического процесса обработки зубчатых колес зависит от требуемой точности, качества поверхности и термической обработки зубчатого колеса. Технологический процесс изготовления зубчатого колеса можно разделить на четыре основных этапа: 1) черновая и чистовая обработка заготовки; 2) нарезание зубьев; 3) термическая обработка; 4) отделочные и доводочные операции после термической обработки.

Зубчатые колеса (рисунок 1) с наружным диаметром 50-55 мм и более изготавливаются из поковок и штамповок на станках патронного типа с предварительной обработкой отверстия. Это значит, что материал должен обладать хорошими прочностными характеристиками и хорошо поддаваться обработке давлением. Стоит подытожить основные требования к материалам - это прочность поверхностного слоя, достаточное сопротивление истиранию, прочность при изгибе, возможность получения достаточной прочности и чистоты поверхности.

Основная цель любого вида термической обработки зубчатых колес состоит в обеспечении твердой, износостойкой поверхности зуба при сохранении мягкой и вязкой сердцевины для восприятия ударных нагрузок.

При выборе стали для изготовления зубчатых колес необходимо учитывать ее стоимость, обрабатываемость, прокаливаемость и деформацию колеса при термической обработке. Так как основным элементом зубчатого колеса является зуб, применяемые стали и методы упрочнения должны обеспечивать высокую контактную и усталостную прочность, прочность при изгибе, ударе и износостойкость зуба.



Рисунок 1 - Колесо зубчатое
Конструкционные материалы для изготовления зубчатого колеса

На основе анализа условий работы и комплекса требований к ним можно рассмотреть в качестве материала следующие марки сталей: 15 (таблица 1), 15X (таблица 2), 45X (таблица 3), 25ХГТ (таблица 4), 20ХН3А (таблица 5).

Химический состав указанных сталей приведен в таблицах 1-5.

Таблица 1 - Химический состав для стали 15, % (ГОСТ 1050 - 88)

| C | Si | Mn | Cr | S | P | Cu | Ni | As |
|-------------|-------------|-------------|----------|-------|-------|------|------|------|
| | | | Не более | | | | | |
| 0,12 - 0,19 | 0,17 - 0,37 | 0,35 - 0,65 | 0,25 | 0,040 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,08 |

Таблица 2 - Химический состав для стали 15X, % (ГОСТ 4543 - 71)

| C | Si | Mn | Cr | P | S | Cu | Ni |
|-------------|-------------|----------|-------------|----------|-------|-----|-----|
| | | | | Не более | | | |
| 0,12 - 0,18 | 0,17 - 0,37 | 0,400,70 | 0,70 - 1,00 | 0,035 | 0,035 | 0,3 | 0,3 |

Таблица 3 - Химический состав стали 45X, % (ГОСТ 4543 - 71)

| C | Si | Mn | Cr | Ti | S | P | Cu | Ni |
|-----------|-----------|----------|-----------|----|----------|-------|-----|-----|
| | | | | | Не более | | | |
| 0,41-0,49 | 0,17-0,37 | 0,5 -0,8 | 0,8 - 1,1 | | 0,035 | 0,035 | 0,3 | 0,3 |

Таблица 4 - Химический состав стали 25ХГТ, % (ГОСТ 4543 - 71)

| C | Si | Mn | Cr | Ti | S | P | Cu | Ni |
|------------|-----------|----------|-----------|-------------|----------|-------|------|------|
| | | | | | Не более | | | |
| 0,22- 0,29 | 0,17-0,37 | 0,8- 1,1 | 1,0 - 1,3 | 0,03 - 0,09 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 |

Таблица 5 - Химический состав для стали 20ХН3А, % (ГОСТ 4543 - 71)

| C | Mn | Si | Cr | Ni | P | S | Cu |
|-----------|----------|-----------|---------|-------------|----------|-------|-----|
| | | | | | Не более | | |
| 0,27-0,33 | 0,3- 0,6 | 0,17-0,37 | 0,6-0,9 | 2,75 - 3,15 | 0,025 | 0,025 | 0,3 |

Механические характеристики сталей, предназначенных для сравнения приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Механические характеристики стали

| Показатели Марка | σ_B , МПа | $\sigma_{0,2}$, МПа | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж\см ² | НВ,МПа |
|---------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-------------|
| 15 | 390 | 195 | 26 | 55 | 59 | 1110 – 1560 |
| 15Х | 390 | 195 | 26 | 55 | 59 | 1110- 1560 |
| 45Х | | | | 48 | 49 | 1430-1790 |
| 25ХГТ | 1270 | 980 | 8 | 45 | 62 | 2170 |
| 20ХН3 | 735 | 590 | 14 | 45 | 59 | 2350- 2770 |

Сталь 15 - среднеуглеродистая качественная сталь. Поставляется в виде сортового проката, в том числе и фасонного, калиброванного прутка. Также в виде поковки и кованной заготовки. В промышленности используется для изготовления зубчатых колес, крепежей – после нормализации или без термообработки, а также вилки, стяжки, траверсы, гайки, винты и т.д.

Сталь 15Х – хромистая сталь. Вид поставки сортовой прокат. Используется для изготовления втулок, пальцев, шестерней, валиков, толкателей и другие детали, к которым представляется требование высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины.

Сталь 45Х – Основные химические элементы Ст 45 представлены железом и углеродом. От концентрации второго элемента во многом зависит то, насколько прочным и твердым получается изделие. Установленные стандарты определяют то, что концентрация углерода должна составлять от 0,42 до 0,5%. При этом в составе металла около 97%.

Сталь 25ХГТ - сталь конструкционная легированная, наследственно мелкозернистая. Вид поставки: сортовой прокат, в том числе и фасонный (калиброванный пруток, шлифованный пруток). Используется в промышленности для изготовления нагруженных зубчатых колес и других деталей, твердость которых более 58 HRC. Структура мартенсит с вторичным карбидом.

Сталь 20ХН3А - сталь конструкционная легированная. Вид поставки: сортовой прокат, в том числе и фасонный (калиброванный пруток, шлифованный пруток, поковки и кованые заготовки). Используется в промышленности для изготовления таких деталей, как шестерни, валы, втулки, муфты и других цементуемых деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающей под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах. Сталь ограничено свариваемая, флокеночувствительна и склонна к отпускной хрупкости. [1] (таблица 5)

Стоимость стали за 1 тонну:

15 – 158340 тг.

15Х – 261290 тг.

45Х – 274340 тг.

25ХГТ – 219008 тг.

20ХНЗА – 551000 тг. [2]

Сравнительные механические и экономические характеристики сталей приведены на рисунках 2; 3; 4:

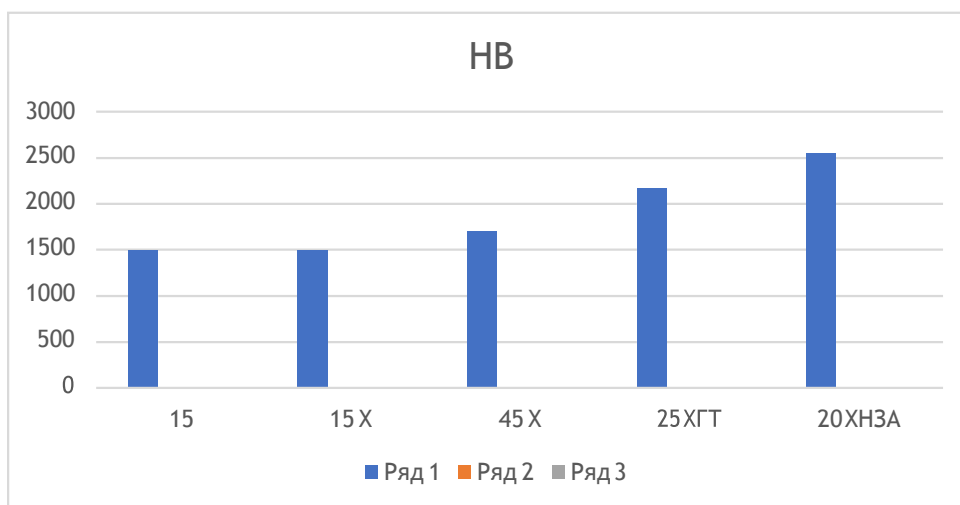


Рисунок 2 - Твердость по Бриннелю

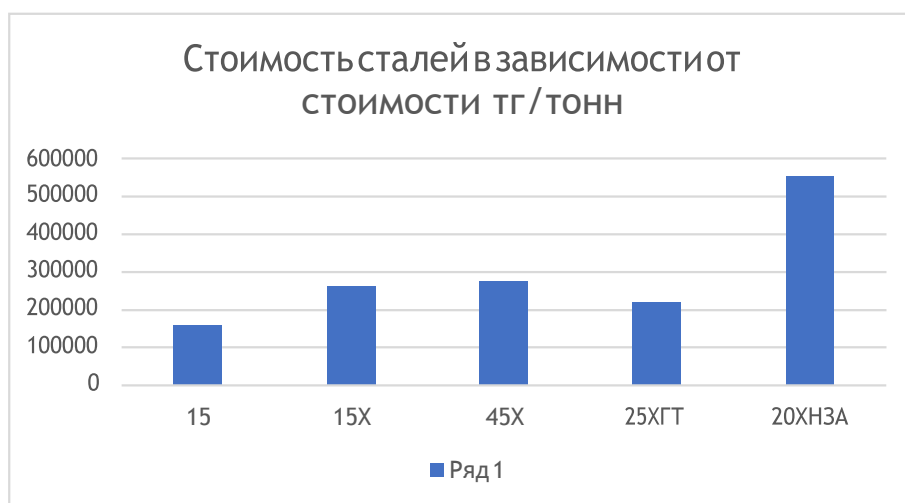


Рисунок 3 - Стоимость сталей в зависимости от марки (тг/тонн)

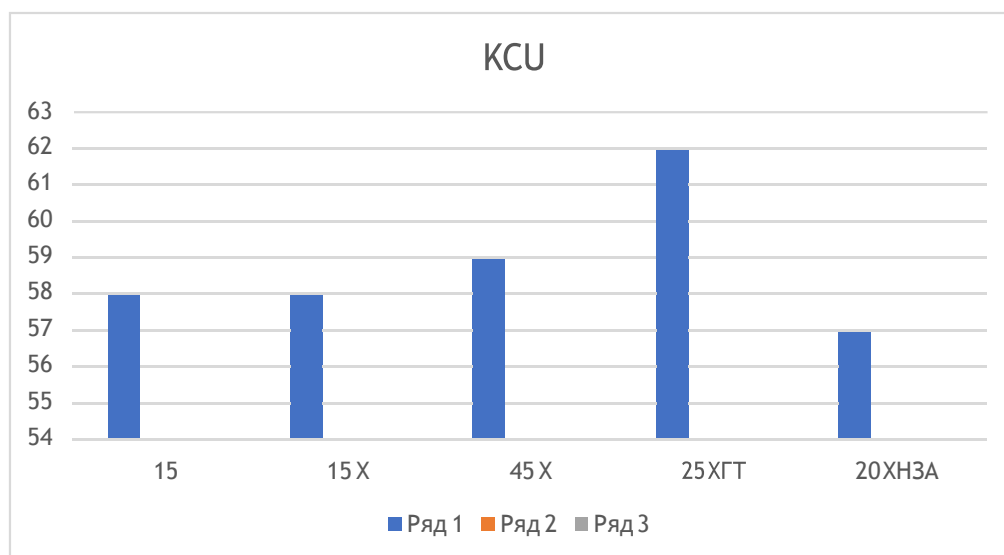


Рисунок 4 - Зависимость ударной вязкости (кcu) от марки стали

Стали 15 менее коррозионностойкая по сравнению со сталями 15X, 45X, 25ХГТ и 20ХНЗА, так как они менее легированы хромом, что дает меньшее преимущество в коррозионной стойкости по сравнению с другими сталями.

По прочностным характеристикам (рисунок 2) сталь 15X исходя из того, что твердость этой стали меньше 2200 НВ мною сделан вывод, что эти марки сталей не подойдут для изготовления зубчатого колеса. Предпочтением для дальнейшего сравнения остаются такие стали, как 45X, 25ХГТ, 20ХНЗА.

Одним из важнейших пунктов для выбора стали является экономическая сторона. Для изготовления детали необходима минимальная затрата. Исходя из гистограммы «Стоимость сталей в зависимости от марки (тг/тонн)» (рисунок 3) стоимость стали 25ХГТ меньше, чем у сталей 45X и 20ХНЗА.

Немаловажным аспектом для зубчатого колеса нужно считать ударную вязкость. Исходя из гистограммы «Зависимость ударной вязкости (кcu) от марки стали» (рисунок 4) сталь 25ХГТ незначительно, но с малым преимуществом является более лояльной в сравнении с остальными сталями.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее предпочтительное использование стали 25ХГТ.

2 Виды термической обработки для зубчатого колеса стали 25 ХГТ

Обоснование выбора ХТО. Основными видами химико-термической обработки, в результате которых увеличивается содержание углерода в поверхностном слое, являются: цементация или нитроцементация.

Достоинство цементации — возможность получить упрочненные слои большой толщины (0,8 - 2 мм и более), выдерживающие высокие удельные нагрузки. Данный процесс дает хорошее качество стали. Недостатком является длительный процесс химико-термической обработки. Более высокое содержание углерода % приводит к образованию значительных количеств цементита вторичного, сообщающего слою повышенную хрупкость.

Поскольку в требовании к детали стоит глубина слоя 2,0-2,5 мм, то в качестве ХТО лучше всего использовать цементацию.

Цементация стали — поверхностное диффузионное насыщение малоуглеродистой стали углеродом с целью повышения твёрдости, износостойчивости.

Основная цель цементации - это получение высокой твердости поверхностного слоя деталей при сохранении мягкой и вязкой сердцевины, а также повышение износостойкости и предела усталости.

Цементацию разделяю на два процесса:

1. Цементация твердым карбюризатором;
2. Цементация газовым карбюризатором.

Цементация твердым карбюризатором производится путем нагрева деталей (упакованных в ящики) из железа, чугуна или жароупорной стали вместе с карбюризатором. Преимущество цементации твердым карбюризатором заключается в простоте и доступности процесса. Из-за трудности механизации и автоматизации процесса применяется в единичном и мелкосерийном производстве. К недостаткам можно отнести:

- невозможность регулировать строение и свойства цементованного слоя;
- контроль ведется только по свидетелю, чтобы не резать деталь;
- низкая культура производства: из-за карбюризатора в цехе много грязи;
- значительные затраты времени (для цементации на глубину 0,1 мм затрачивается 1 час);
- низкая производительность процесса;
- громоздкое оборудование;
- сложность автоматизации процесса.

Газовая цементация стали осуществляется путем нагрева и выдержки деталей в присутствии газообразного карбюризатора — смеси газов, содержащих в своем составе карбонат калия, диоксид кремния, карбонат бария, сера и метан (таблица 7). Достоинством цементации газовым карбюризатором является:

- возможность получения заданной концентрации углерода в слое (можно регулировать содержание углерода, изменяя соотношение составляющих атмосферу газов);
- сокращение длительности процесса за счет упрощения последующей термической обработки;
- возможность полной механизации и автоматизации процесса;
- упрощается термообработка - закалку ведут сразу же из цементационной печи с подстуживанием деталей до температуры закалки, равной 860°C;
- можно регулировать строение и свойства цементованного слоя.

Достоинством газовой цементации по сравнению с цементацией в твердом карбюризаторе является также и улучшение качества деталей. Отсюда следует, что целесообразно взять цементацию газовым карбюризатором.

Главные достоинства нитроцементации:

- относительно небольшая длительность процесса химико-термической обработки;
- малые деформации и коробления детали в ходе процесса насыщения;
- малые потери тепла;
- безопасность в работе;
- низкая стоимость.

При легировании аустенита азотом снижается температура $\alpha \leftrightarrow \gamma$ -превращения, что позволяет вести процесс насыщения при более низких температурах.

К недостаткам нитроцементации относится прежде всего необходимость строгого поддержания в нужных пределах науглероживающей и азотирующей способности газовой среды для получения содержания углерода % и азота %. Получение науглероживанного слоя не более 0,8 мм.

2.1 Выбор карбюризатора для химико-термической обработки

Газовую цементацию подразделяют по режиму подачи карбюризаторов. Применяют обычный и ступенчатый режимы подачи карбюризаторов.

Достоинство обычного режима заключается в постоянной подаче карбюризатора: после достижения в печи заданной температуры устанавливается оптимальный расход карбюризатора. Недостатком является трудность определения оптимального расхода карбюризатором, из-за величины цементуемой поверхности и вида карбюризатора.

Достоинством ступенчатого режима является сокращение общей продолжительности процесса. Цементация может проводиться как в печах периодического, так же и постоянного действия жидким или газообразным карбюризатором. Правильный выбор длительности первого и второго периода

позволяет сократить время насыщения при цементации в 1,5-2,0 раза по сравнению с обычным режимом с постоянной подачей карбюризатора. Недостатком цементации с регулирование подачи карбюризатора является возможность обезуглероживания поверхности деталей при снижении активности цементующей среды, что приводит к снижению прочности.

Исходя из следующих факторов, целесообразно взять обычный режим подачи карбюризатором. В нем большая вероятность того, что не будет происходить снижение прочности стали.

Преимуществами природного по сравнению с другими карбюризаторами является:

- активность;
- не высокая стоимость;
- постоянство химического состава.

К недостаткам можно отнести следующее:

- природный газ не позволяет регулировать степень насыщения стали по углеродному потенциалу, поэтому при его использовании трудно получить заданную концентрацию углерода в цементованном слое;
- при цементации природным газом трудно обеспечить получения высокого качества цементованных деталей в связи интенсивным саже- и коксообразованием.

Поэтому в современном машиностроении в качестве цементируемого газа широко применяют эндотермическую атмосферу (эндогаз), получаемую путем неполного сжигания углеводородных газов.

Эндотермическая атмосфера содержит мало метана, а поэтому обладает слабой науглероживающей способностью. Применение эндотермической атмосферы в качестве газового карбюризатора обеспечило возможность автоматического регулирования степени насыщения по углеродному потенциалу, что позволило механизировать и автоматизировать процесс цементации и последующей термической обработки.

По значительному преимуществу эндотермической атмосферы, по сравнению с природным газом, для цементации целесообразно применение эндогаза. [3]

Таблица 7 – Химический состав карбюризатора

| Химический состав карбюризатора | |
|---------------------------------|---------------|
| Химический элемент | Содержание, % |
| KCO_3 | 3,5% |
| SiO_2 | 0,5% |
| $BaCO_3$ | 25% |
| S | 0,06% |
| CH_4 | 70% |

Таблица 8 - Скорость цементации

| Глубина слоя, мм | Скорость (мм/ч) при температуре)° С | | | | |
|------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|
| | 900 | 925 | 950 | 975 | 1000 |
| До 0,5 | 0,45 | 0,55 | 0,75 | - | - |
| 0,5-1,0 | 0,30 | 0,40 | 0,55 | 0,75 | 0,95 |
| 1,0-1,5 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,55 | 0,75 |
| 1,5-2,0 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,35 | 0,55 |
| 2,0-2,5 | 0,12 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,40 |

Согласно (таблица 8) целесообразно взять температуру цементации 950 °С, так как при температуры ниже 950 °С скорость цементации будет мала, значит время цементации будет гораздо дольше, чем при температуре 950 °С. Выше 950 °С скорость цементации будет гораздо больше, но минус в том, что будет оставаться на материале много сажи, будет происходить большее сгорание газа.

Время выдержки цементации.

Исходя из таблиц 8. скорость цементации при 950 °С и при глубине цементируемого слоя 2,0-2,5 мм будет составлять 0,2 мм/ч. Соответственно время выдержки при цементации составляет 10-12,5 часов. [4]

Таблица 9 - Глубина цементованного слоя в зависимости от температуры при различной выдержке

| Температура, °С | Глубина цементованного слоя h, мм, при выдержке | | | | |
|-----------------|---|------|------|------|-----|
| | 1ч | 5ч | 10ч | 20ч | 30ч |
| 750 | 0,25 | 0,4 | 0,6 | 0,9 | 1,1 |
| 800 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,15 | 1,5 |
| 850 | 0,334 | 0,75 | 1,2 | 1,55 | 2,1 |
| 900 | 0,5 | 1,2 | 1,6 | 2,25 | 2,9 |
| 950 | 0,75 | 1,75 | 2,35 | 3,2 | 4 |
| 1000 | 1 | 2,3 | 3,25 | 4,4 | |

Для газовой цементации используется шахтная электропечь сопротивления СШЦМ 6.12/9,5 (рисунок 6). Диаметр печи составляет 600 мм, а высота 1200 мм. Ее рабочая температура составляет 950 °С. Мощность печи 105 кВт. Масса садки составляет 500 кг. [5]

После цементации на глубину 2,0-2,5 мм структура стали становится перлит и цементит вторичный. Содержание углерода до 0,8-1,0%.

Так как сталь 25ХГТ – наследственно мелкозернистая, то в рассмотрение возьмем схему подстуживания с последующей закалкой так как эта термическая обработка занимает меньшую продолжительность времени.

Подстуживание – способствует уменьшению коробления детали, обеспечивает безшумность работы.

В рассмотрение из схемы режимов ТО берется подстуживание с последующей закалкой и подстуживание последующей обработкой холодом. Из данных выбранных обработок целесообразно использовать подстуживание с последующей закалкой, так как она занимает меньшую продолжительность времени и является одним из способов, обеспечивающих относительно низкий уровень закалочных напряжений. Наиболее широко этот способ применяется в случае закалки цементуемых изделий непосредственно после газовой цементации и нитроцементации. Подстуживание производят обычно на воздухе или в камерах (зонах) подстуживания. Этим приемом удается уменьшить градиент температур по сечению изделия, возникающий после его погружения в закалочную среду, а следовательно и уровень термических и структурных закалочных напряжений. [6]

В газовой цементации нагреваем детали до 950 °С в шахтной электропечи сопротивления СШЦМ 6.12/9,5, выше линии A_{c1} . В связи с критической точкой нагрева равной 825 °С температура подстуживания с последующей закалкой будет равна 800 °С, так как температура закалки берется на 30-50 °С больше критической температуры A_{r1} . После охлаждаем детали вместе с печью до 850 °С ниже температуры A_{c1} , но выше температуры A_{r1} . Скорость охлаждения с печью составляет 0,3 °С/с. Время подстуживания составляет $950-850/5=20$ мин. Закалка – нагрев стали выше линии АС3 (доэвтектоидной стали) и АС1 (заэвтектоидной стали) на 30-50° С, выдержка при этой температуре последующее ускоренное охлаждение в воде, масле или другом охладителе.

Таблица 10 - Скорости охлаждения (град/с) в различных охлаждающих средах

| Закаливающая среда | Интервал температур | |
|---|---------------------|---------|
| | 550-650 | 200-300 |
| Вода при температуре С: | | |
| 20 | 600 | 270 |
| 30 | 500 | 270 |
| 50 | 100 | 250 |
| 75 | 30 | 200 |
| 10%-й раствор поваренной соли при 18 °С | 1100 | 300 |
| 10%-й раствор соды при 18 °С | 800 | 270 |
| Эмульсия (смесь воды и масла) | 70 | 200 |
| Мыльная вода | 30 | 200 |
| Машинное масло | 150 | 30 |

| Закаливающая среда | Интервал температур | |
|------------------------|---------------------|---------|
| | 550-650 | 200-300 |
| Трансформаторное масло | 120 | 25 |
| Спокойный воздух | 30 | 10 |

Структура становится мартенсит закалки с карбидными включениями.
Содержание углерода до 0,8-1,0%.

Последним этапом идет низкий отпуск при температуре меньше 190-210 С⁰ в камерной печи НКО 6.12.5/7 (рисунок 6), что способствует снятию части внутренних напряжений. Мощность печи 35 кВт, диаметр 1200 мм, высота 500мм. [7]

3 Расчет режима термической обработки

Зубчатое колесо. Сталь 25ХГТ. Класс пластин, т.к длина значительно больше толщины.

Площадь детали:

$$F_{осн} = \pi R^2 \quad (1)$$

где $F_{осн}$ – основная площадь,
 $с м^2$, π – постоянная
 константа,
 R – радиус окружности, см.

$$F_{бок} = 2 \pi R h \quad (2)$$

где $F_{бок}$ – боковая площадь, $с м^2$
 h – высота детали, см.

$$F_{ист} = F_{бок} + F_{осн} \quad (3)$$

где, $F_{ист}$ - истинная площадь,

$с м^2$. Без отверстий:

$$F_{осн} = 3,14 * 11,26^2 = 398,1 \text{ с м}^2$$

$$F_{бок} = 2 * 3,14 * 11,26 * 3,15 = 70,7 \text{ с м}^2$$

$$F_{ист} = 398,1 + 70,7 = 468,8 \text{ с м}^2$$

Площадь центрального отверстия радиусом 3,17см:

$$F_{осн} = 3,14 * 3,17^2 = 31,5 \text{ с м}^2$$

$$F_{бок} = 2 * 3,14 * 3,17 * 3,15 = 62,7 \text{ с м}^2$$

$$F_{ист} = 31,5 + 62,7 = 94,2 \text{ с м}^2$$

Площадь четырех отверстий радиусом по 1см:

$$F_{осн} = 3,14 * 4^2 = 50,4 \text{ с м}^2$$

$$F_{бок} = 2 * 3,14 * 4 * 3,15 = 79,1 \text{ с м}^2$$

$$F_{ист} = 50,4 + 79,1 = 129,5 \text{ с м}^2$$

Общая площадь Зубчатого колеса без всех отверстий:

$$F_{зк} = F_{осн} - F_{отв} \quad (4)$$

$$z_{\text{к}} = z_{\text{оч}} - z_{\text{отв}} - z_{\text{отв}} = 468,8 - 94,2 - 129,3 = 245,3 \text{ с м}^2$$

Объем детали:

$$V = \pi r^2 h \quad (5)$$

где V – объем детали,

с м³. Без отверстий:

$$V_1 = 3,14 * 11,26^2 * 3,15 = 1254 \text{ с м}^3$$

Объем центрального отверстия радиусом 3,17см:

$$V_2 = 3,14 * 3,17^2 * 3,15 = 99,83 \text{ с м}^3$$

Объем четырех отверстий радиусом по 1 см:

$$V_3 = 3,14 * 4^2 * 3,15 = 158,2 \text{ с м}^3$$

Общий объем зубчатого колеса без всех отверстий:

$$V_{\text{ист}} = V_1 - V_2 - V_3 \quad (6)$$

$$V_{\text{ист}} = 1254 - 99,83 - 158,2 = 995,9 \text{ с м}^3$$

Критерий формы:

$$A_{\text{пл}} \quad (7)$$

где F -истинная площадь изделия = 245,3 с м²

-эквивалентная, усредненная площадь формы пластины =

3,15 с
м²

$$A_{\text{пл}} = \frac{F}{S_{\text{пл}}} = \frac{245,3 \text{ с м}^2}{3,15 \text{ с м}^2} = 77,87$$

Геометрический размер $l_{\text{пл}}$:

$$l_{\text{пл}} = \sqrt{\frac{V_{\text{ист}}}{A_{\text{пл}}}} = \sqrt{\frac{995,9 \text{ с м}^3}{77,87}} = 7,74 \text{ см} \quad (8)$$

Как была вычислена площадь сечения:

Зубчатое колесо было решено высечь от оси (точ. О) на 4,6см, т.е первый катет был равен 4,6 см, а ее гипотенуза равна 11,26 см, т.к она является радиусом изделия. При высекании я получил равнобедренный треугольник и

необходимо было найти второй катет, его я нашел по уравнению:

$$\begin{aligned}
 x^2 &= (11,26^2) - (4,6^2) \\
 x^2 &= 105,6 \\
 x &= \sqrt{105,6} \\
 x &= 10,2
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Найдя второй катет необходимо его умножить вдвое, тогда я нашел полную ширину и, чтобы найти площадь данного сечения также нужно умножить и на длину (3,15-толщина зубчатого колеса), отсюда вывод: площадь сечения равна $10,2 * 3,15 = 32,13 \text{ с м}^2$

Критерий Вio пластины:

$$\frac{\alpha^*}{\lambda}
 \tag{10}$$

где α – коэффициент теплопроводности = 41 Вт/м*град

α^* – коэффициент теплоотдачи = 151 Вт/м²*град

$A_{пл}$ - критерий формы = 77,87

$a_{пл}$ - геометрический размер = 7,74 см

$$= \frac{\alpha^* a_{пл}}{\lambda} = \frac{0,074 * 151}{41} = 0,25$$

Если $Bi < 0.25$, то изделие относится к «тонким» телам и расчет времени нагрева проводится по формуле для тонких тел:

$$\tau_{н} = \frac{G}{c} * 2.3 \lg \left(\frac{c_{рн} - m_{н}}{c_{рн} - m_{к}} \right)
 \tag{11}$$

где G -масса тела, кг;

C - удельная теплоемкость, ккал/кг*град;

α -коэффициент теплоотдачи, ккал/м² ч.град;

F - активная площадь, м;

$t_{ср}$ - температура печи, °С;

$t_{мн}$ - температура начальная, комнатная, °С;

$t_{мк}$ - температура закалки, °С.

Масса детали рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned}
 G &= V * c \\
 G &= V * c = 7800 * 0,000995 = 8,69 \text{ кг}
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

где V - объем детали, м³;

C - плотность стали, $кг/м^3$;

$C = 0,18 В \tau / м^2 * ч *$

г р а д ; $V = 0,000995 м^3$;

$F = 0,02453 м^2$;

Время нагрева при цементации:

$$H = \frac{8,69 * 0,667}{151 * 0,02453} * 2,3 \frac{950-20}{950-930} = 2,64 \text{ часа}$$

Время выдержки при цементации зависит от глубины цементационного слоя (таблица 9) ($h=2,5$ мм) и составляет 10 часов:

$$\frac{950-850}{5} = 1200 \text{ сек}$$

Время охлаждения при закалке в масло рассчитывается по формуле:

$$t_1 = \frac{850-300}{120} = 4,58 \text{ сек}$$

$$t_2 = \frac{300-20}{50} = 5,6 \text{ сек}$$

$$\tau = t_1 + t_2 = 10,2 \text{ сек}$$

Время нагрева при отпуске:

$$t_n = kD \quad (13)$$

где a -поправочный коэффициент для легированной стали, $a=45$;

D -толщина изделия.

$$t_n = 45 * 0,315 = 14,17 \text{ мин} = 0,23 \text{ часа}$$

Время выдержки при отпуске рассчитывается по формуле:

$$\text{Ниже } 300^\circ\text{C} \quad t_b = 2ч + 1 \text{ мин на } 1\text{мм условной толщины} \quad (13)$$

$$t_b = 2 \text{ часа} + 31,5 \text{ мин} = 2 \text{ ч } 31 \text{ мин } 5 \text{ сек}$$

Время охлаждения отпуска на воздухе скорость охлаждения на воздухе (таблица 10) составляет 75°C в час [8]:

$$t_1 = \frac{a \cdot d}{r}$$

= 2,4 часа

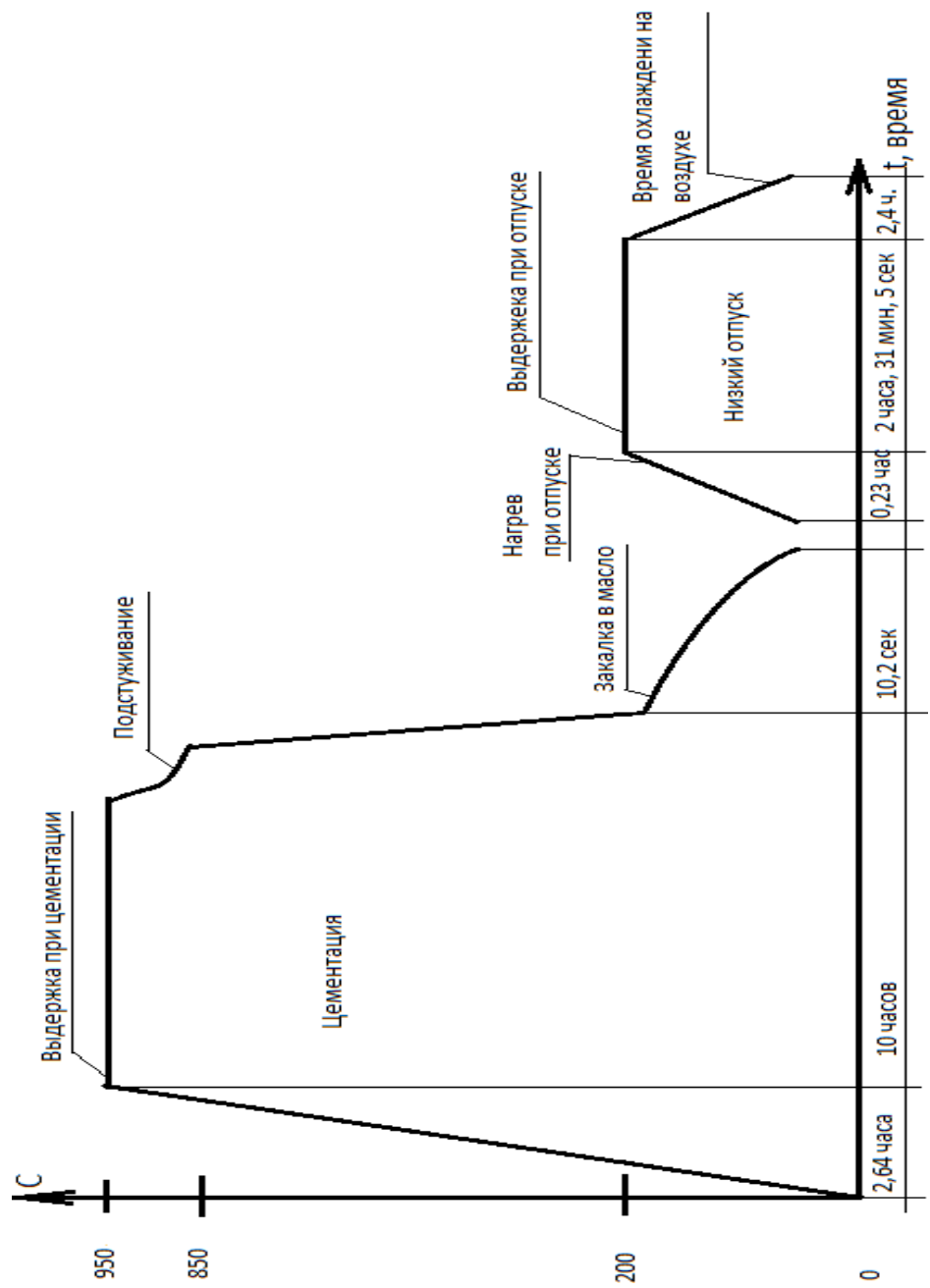


Рисунок 5 - График термической обработки

4 Оборудование для проведения термической обработки

Для газовой цементации используется шахтная электропечь сопротивления СШЦМ 6.12/9,5 (рисунок 6). Диаметр печи составляет 600 мм, а высота 1200 мм. Ее рабочая температура составляет 950 °С. Мощность печи 42 кВт.

Для закалки используется камерная электропечь СНО-5.10.5/8,5 (рисунок 7). Рабочая ширина этой печи составляет 500 мм, длина рабочего пространства имеет 1000 мм, а высота 500 мм, рабочая температура данной печи 800С°С максимум. Мощность 25,5 кВт. [9]

Отпускаем зубчатое колесо с помощью камерной печи НКО 6.12.5/7 (рисунок 8. Рабочая ширина данной печи составляет 600 мм, длина рабочего пространства 1200 мм, высота 500 мм, рабочая температура печи составляет 700 °С максимум. Мощность 35 кВт.

Основное оборудование



Рисунок 6 - Шахтная электропечь сопротивления СШЦМ 6.12/9,5

Шахтная электропечь сопротивления СШЦМ 6.12/9,5 (рисунок 6) представляет собой металлический каркас 5 цилиндрической формы, внутренняя часть которого (шахта) выложена шамотным кирпичом. Внутри

шахты в трех зонах расположены литые электрические нагреватели 8. Нагреватели подвешены на неподвижных жаропрочных крючках, которые закреплены в кирпичной кладке. Такое крепление электрических нагревателей позволяет получать не только необходимую температуру по всему рабочему пространству печи, но и высокую эксплуатационную стойкость нагревателей.



Рисунок 7 - Камерная электропечь СНО-5.10.5/8

Камерная электропечь СНО-5.10.5/8 (рисунок 7) предназначена для термической обработки металлов, как для закалки, так и для отжига. Максимальная рабочая температура данной печи достигает 800 °С. Данная печь практичная в современном материаловедении.



Рисунок 8 - Камерная печь НКО-6.12.5/7

Камерная печь НКО-6.12.5/7 (рисунок 8) также, как и камерная электропечь СНО-5.10.5/8 она предназначена для термической обработки металлов и сплавов, очень надежная и безопасная печь и доступная. В данной термической обработке предназначена для низкого отпуска, но ее рабочая температура равна 700 °С.

Вспомогательное и дополнительное оборудование

Вспомогательное оборудование.

Кран-балка — это мостовой кран с ручным или электрическим приводом. Грузоподъемность кран-балки до 5 т. Груз поднимается при помощи тельфера, передвигающегося по нижним полкам балки, обычно двутавровой. Управление тельфером и передвижение кран-балки производится подвесным кнопочным механизмом.

Для загрузки и разгрузки шахтных печей и соляных ванн применяют поворотные консольные краны, монорельс с электротельфером и т. д.

Вспомогательное оборудование также состоит из установок для приготовления твердого и жидкого карбюризаторов, газовых атмосфер, воздуходувок и т. д.

Дополнительное оборудование

Дополнительное оборудование включает оборудование, используемое для операций, которые идут за закалкой и отпуском: моечные машины и промывные баки, правильные установки, дробеметные аппараты и т. д.

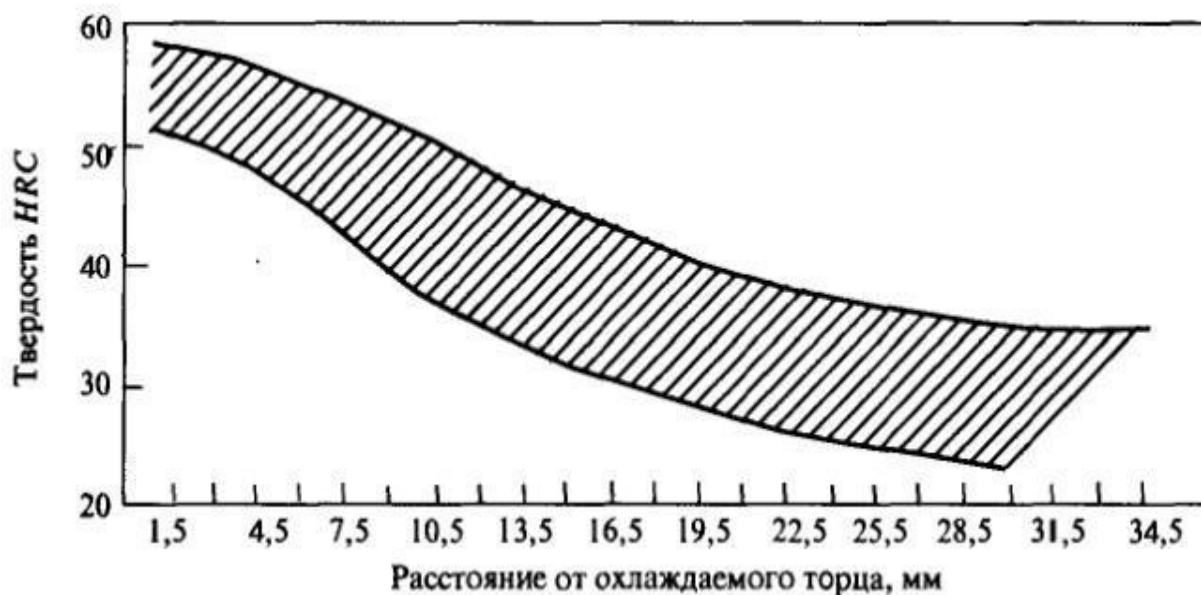


Рисунок 9 - Полоса прокаливаемости стали 25ХГТ. [11]

Время выдержки при низком отпуске назначается примерно $120\text{мин} + 31,5\text{ мин} = 2\text{ часа}, 31\text{ мин}, 5\text{ сек}$. Исходя из (рисунка 9), глубина слоя по твердости 50 HRC будет составлять 3мм. Отсюда следует, что время выдержки будет равно 360 минутам. Остужающая среда – воздух. Структура детали будет – мартенсит отпуска с карбидными включениями. Содержание углерода до 0,8-1,0%.

Сталь становится менее хрупкой, твердость и износостойкость повышаются (HRC 57-63), так как наша деталь более вязкая, происходит повышение выдерживания динамических нагрузок. Предел текучести повышается $\sigma_{0,2} = 1100\text{ МПа}$, так происходит увеличение предела прочности $\sigma_b = 1500\text{ МПа}$.

Вывод: Таким образом, цементация для данной детали проходит при температуре 950 °С, время выдержки составляет 10 часов. В связи с критической точкой нагрева равной 825 °С температура подстуживания с последующей закалкой будет равна 850 °С. Далее проводится закалка при температуре 850 °С, где остужающей средой является масло. Время нагрева при закалке 176 минут и 2 секунды, время выдержки при закалке при температуре 850 °С 59 минут и 4 секунды, время охлаждения при закалке в масло составляет 10,2 секунды. Последним этапом идет низкий отпуск при температуре меньше 190-210 грС, время нагрева составит 36 минут и 6 секунд, время выдержки при отпуске составит 2 часа и 36 минут. Остужающая среда – воздух. Скорость охлаждения на воздухе составляет 75 °С в час, соответственно время охлаждения на воздухе до комнатной температуры составит 2,4 часа.

Улучшение технологии термообработки зубчатых колес

Наиболее эффективным процессом цементации является вакуумная цементация. В процессе вакуумной цементации используются вакуумные технологии: здесь газ цементации находится под давлением в несколько мбар. Для этого вида цементации, как правило, используют пропан и ацетилен. По сравнению с традиционной атмосферной цементацией, вакуумная имеет ряд своих плюсов: высокая скорость подачи газа в значительной мере сокращает время цикла.

Основные преимущества вакуумной цементации:

- Полное отсутствие окисления на поверхности;
- Быстрая передача углерода;
- Равномерность глубины слоя;
- Минимальный расход газа;
- Цементация на высокой температуре. [10]

5 Планировка термического участка

Спланирован термический участок цеха, который имеет въезд с южной стороны и выезд с северной. Благодаря восходу солнца с востока, на которой расположены окна дает преимущество в освещении рабочего участка термиста и экономии на энергосбережении.

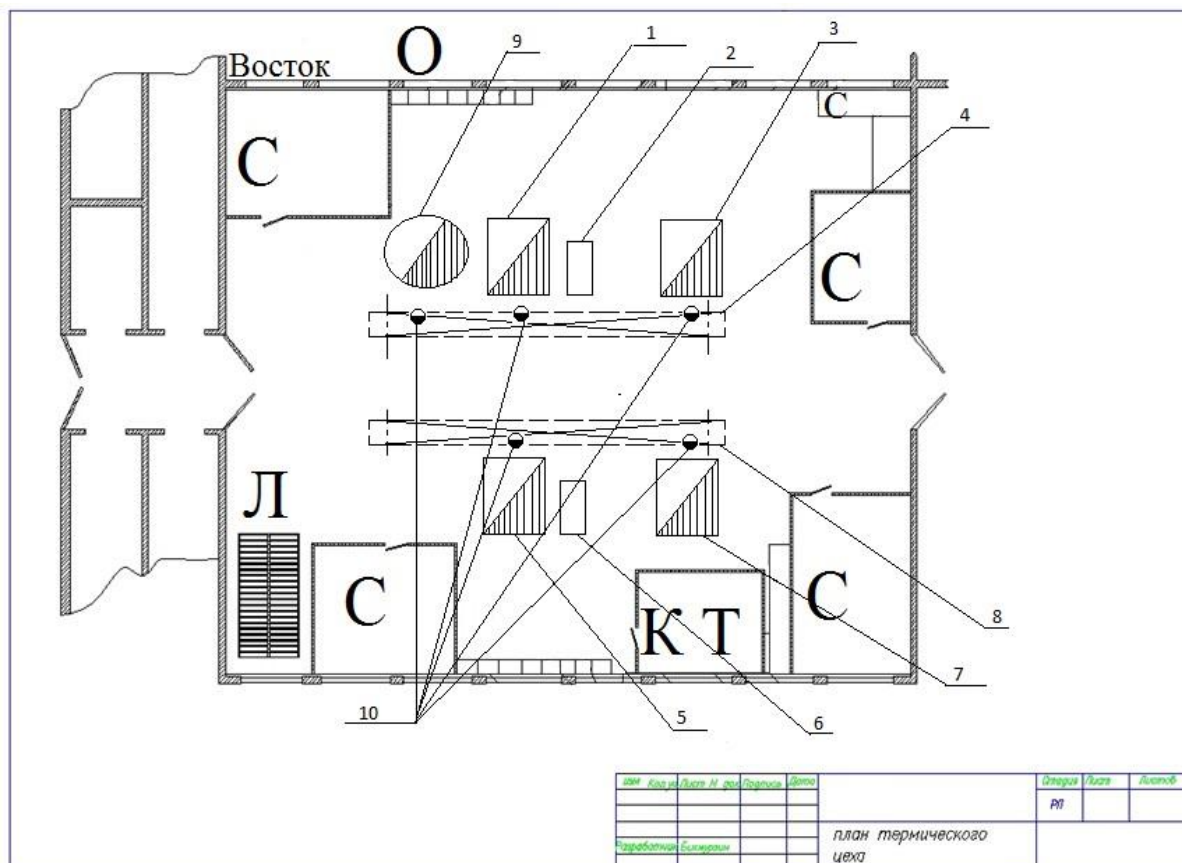


Рисунок 10 – план термического участка (таблица 11)

- где С – склад
- О – окно
- Л – лестница
- Восток – солнечная сторона

Также на термическом участке имеются пять складов, где хранятся заготовки зубчатых колес, материал для изготовления заготовки зубчатых колес и готовая продукция зубчатого колеса в неограниченном количестве. Имеется комната термиста, где рабочий термист имеет право отдохнуть во время обеденного перерыва. Имеется лестница для того, чтобы управлять кранами и другими оборудованием, которые находятся на недостижимой для человека высоте.

Из оборудования имеется одна цементационная СШЦМ 6.12/9,5, в количестве одной штуки для того, что она имеет большое рабочее пространство, а для закалки имеются две печи, т.к их рабочее пространство меньше по сравнению с цементационной муфельной печью. Имеется закалочный бак с маслом. Также есть печь отпускная в количестве двух штук по той же причине, что и для закалочной печи и в добавок имеется два крана для переноса детали из цементации в закалку с подстуживанием.

Таблица 11 – Перечень оборудования в термическом цеху

| Номер | Наименование | Модель |
|-------|--|--------------------------------|
| 1;5 | Закалочная камерная | СНО-5.10.5/8 |
| 2;6 | Закалочный бак (масло) | |
| 3;7 | Отпускная камерная печь | Камерная печь НКО- 6.12.5/7 |
| 4;8 | Мостовой электрический кран | |
| 9 | Цементационная шахтная электропечь сопротивления | СШЦМ 6.12/9,5 |
| 10 | Место рабочего термиста | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для изготовления детали «зубчатое колесо» (рисунок 1), исходя из механических и экономических характеристик, была выбрана сталь 25ХГТ. С учетом выбранного материала для обеспечения твердости 60–62 HRC на глубину 2,0–2,5 мм предложена химико-термическая обработка: цементация в газовом карбюризаторе при температуре 950 °С, с последующим подстуживанием до температуры 850 °С, охлаждением в масле и низким отпуском при температуре 190-210 °С. Был спроектирован термический цех (рисунок 10), так же было выбрано оборудование, подходящее для проведения термической обработки и для контроля качества после её проведения.

Были решены задачи для расчета времени термической обработки в частности для нагрева детали, времени ее выдержки и времени охлаждения для цементации, закалки и отпуска.

Из оборудования было выбрано для цементации шахтная электропечь сопротивления СШЦМ 6.12/9,5 в количестве одной штуки; для закалки была выбрана камерная электропечь СНО-5.10.5/8 в количестве двух штук; для отпуска также была выбрана камерная электропечь, но марки НКО-6.12.5/7 в количестве двух штук.

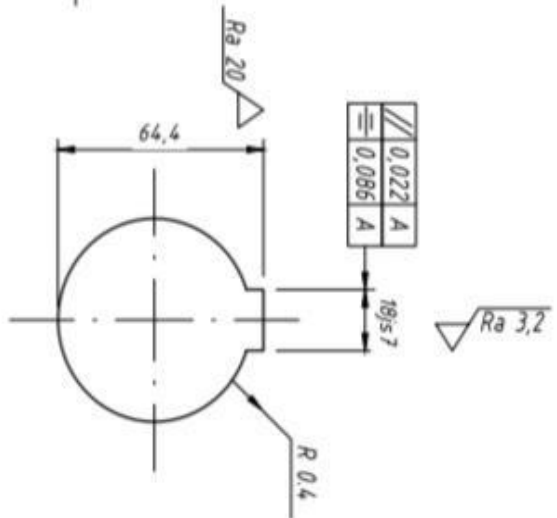
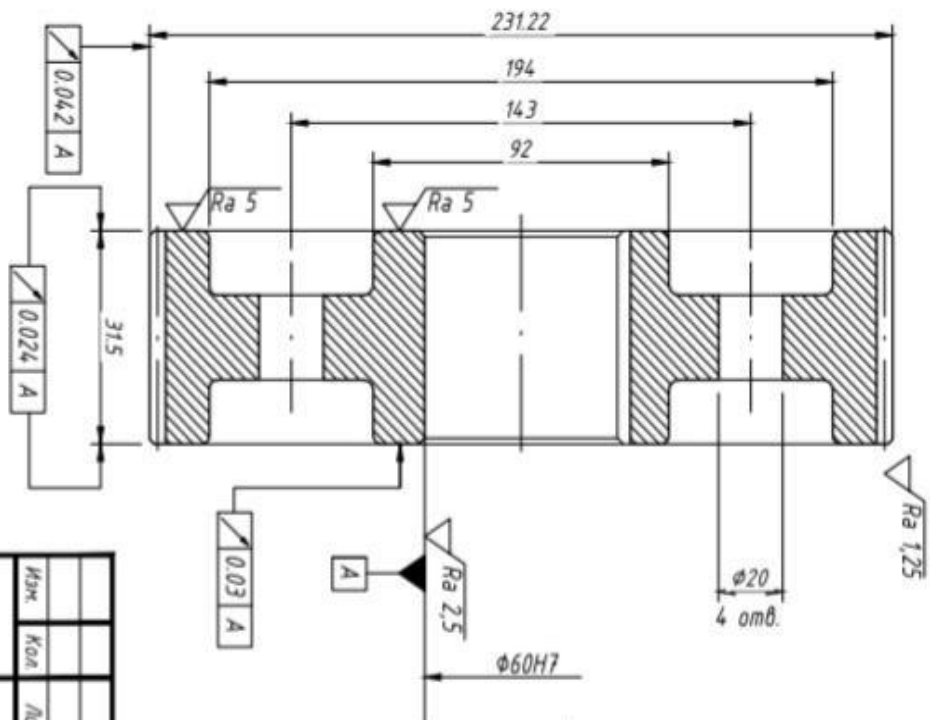
Выбранная марка стали 25ХГТ обоснована в работе в связи с экономическими характеристиками; по физическим свойствам: твердость и ударная вязкость.

Был создан график термической обработки (рисунок 5), где указано почасовое, поминутное и посекундное время термообработки зубчатого колеса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Термическая обработка : учеб. пособие / О. Ю. Бургонова, В. В. Акимов- -ОмГТУ – Омск.: Минобрнауки России, 2016. - 114 с.
- 2 <http://vtormetall.biz/poleznaya-informatsiya/27-tsena-na-metallolom>.
- 3 Гуляев, А.П. Металловедение : учеб. для вузов. / А.П. Гуляев. – М. : Металлургия, 1986.– 541 с.
- 4 Колочев, Б.А., Елагин, В.И., Ливанов, В.А. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. – М.: МИСИС, 1999.
- 5 <https://helpiks.org/9-17759.html>
- 6 Самохоцкий, А.И. Технология термической обработки металлов / А.И. Самохоцкий, Н.Г. Парфеновская. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1976. – 311 с.
- 7 <https://www.nakal.ru/catalog/elektropechi/termoobrabotka-tsvetnykh-metallov/kamernye/nko-6-12-5-7-mi1/>
- 8 Туркбенбаев, К.У. Оборудование, технология термической обработки и проектирование термических цехов. Алматы 1999 год.
- 9 <https://termoin.ub.ua/ru/goods/view/5839789/all/pech-sno-5-10-58/>
- 10 Шишкин, А.В., Чередниченко, В.С., Черепанов, А.Н., Марусин, В.В. –М.: Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Новосибирск, НМТУ 2004.
- 11 <https://heattreatment.ru/prokalivaemost-stalej-polosy-prokalivaemosti>.

| | | | | |
|------------|----------------|------------|------------|----------------|
| ИНВ.НПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА | ВЗАМ.ИДВ.Н | ИНВ.НПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА |
| | | | | |



1. 235-262 НВ
2. Н14, Н14, ±0.5IT 14
3. Неуказанные радиусы скруглений - 3мм
4. Точность зубчатого колеса в соответствии с ГОСТ-1643-81

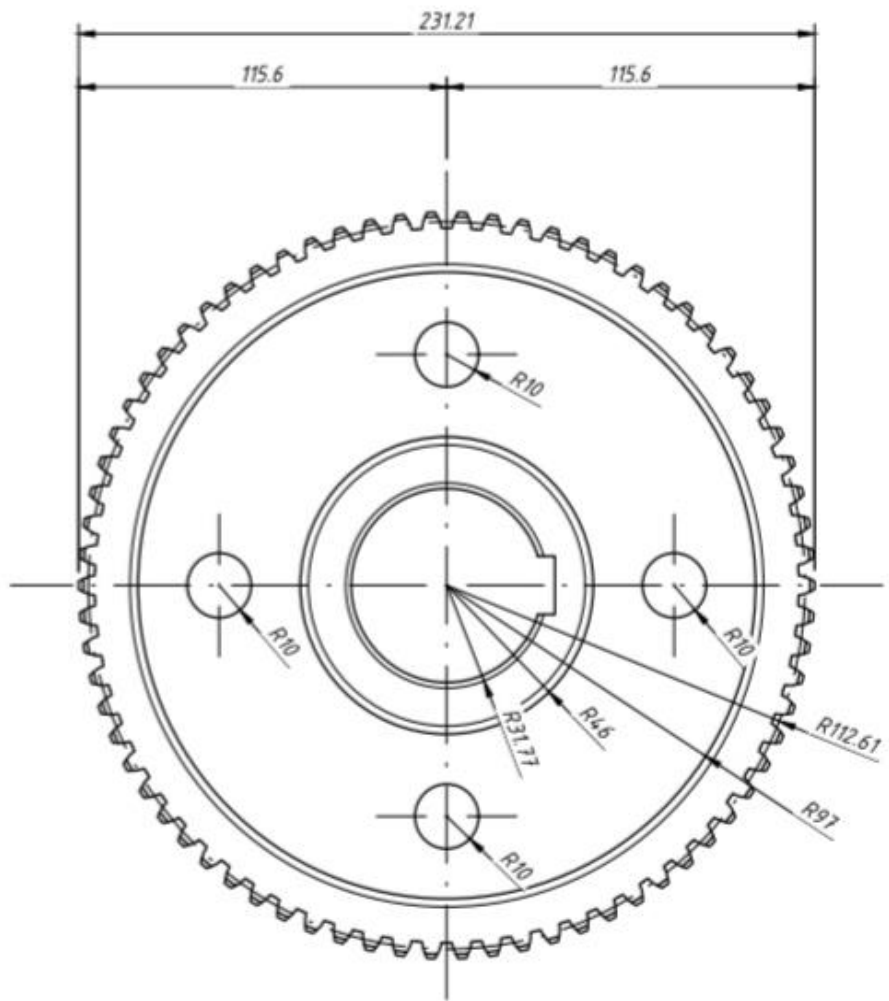
| | | |
|------------------------|---|--------|
| Модуль | m | 3 |
| Угол зубьев | z | 74 |
| Угол наклона зубьев | β | 9.42 |
| Направление линии зуба | - | левое |
| Нормальный иск. контур | | |
| Кэф. смещения | x | 0 |
| Степень точности | - | 8 |
| Делительный диаметр | d | 225.22 |

| | | | | | |
|-----------|-----|----------------|-------|---------|------|
| Имя | Кол | Лист | Место | Подпись | Дата |
| Разраб. | | Умеевский Т.Г. | | | |
| Пров. | | Кочинский Б.Ш. | | | |
| Т. конст. | | | | | |
| Умб. | | | | | |

| | | |
|------|-------|---------|
| Лист | Масса | Масштаб |
| Лист | | 1:2 |

Колесо зубчатое
25X
ГОСТ 4543-71

| | | | | |
|------------|----------------|------------|------------|----------------|
| ИНВ.НПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА | ВЗАМ.ИДВ.Н | ИНВ.НПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА |
| | | | | |



| | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|------|------|---------|------|--|------|-------|---------|
| Изм. | Код | Авт. | Мод. | Подпись | Дата | Колесо зубчатое 25X ГОСТ 4543-71 | Лист | Масса | Масштаб |
| Разработ. | Умбасов Т.Г. | | | | | | Лист | | 1:2 |
| Проект. | Кочинбаев Б.Ш. | | | | | | | | |
| Т. конст. | | | | | | | | | |
| Умб. | | | | | | | | | |

| | | | | |
|------------|----------------|------------|------------|----------------|
| ИНВ.НПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА | ВЗАМ.ИДВ.Н | ИНВ.НПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА |
| | | | | |



| | | | | | |
|------------------------|---------------|-------|----------|---------|------|
| Изм. | Кол | Лист | Медж | Подпись | Дата |
| | | | | | |
| Разработ. | Смебасов Т.Г. | | | | |
| Проект. | Ковшубаев Б.Ш | | | | |
| Т. конт. | | | | | |
| Инд. | | | | | |
| Колесо зубчатое | | | | | |
| 25Х | | | | | |
| ГОСТ 4543-71 | | | | | |
| | Лист | Масса | Материал | | |
| | | | 12 | | |
| | Листов | | | | |