

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
институт  
Материаловедение и технологии обработки материалов  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В.И. Темных  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Выбор материала и разработка термообработки коньков бобслейных саней  
(полозьев скелетона)

тема

22.04.01 – Материаловедение и технологии материалов

код и наименование направления

22.04.01.04 – Синтез и литье новых металлических материалов

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	<u>к.т.н, доцент</u>	<u>В.И. Темных</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Р.К. Ширяев</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	<u>к.т.н, доцент</u>	<u>Ю.И. Гордеев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Консультант	_____	<u>к.т.н, доцент</u>	<u>А.К. Абкарян</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
институт  
Материаловедение и технологии обработки материалов  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В. И. Темных  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме магистерской диссертации**

Магистранту Ширяеву Роману Константиновичу  
Группа МТ 16 – 01 М Направление 22.04.01 Материаловедение и  
технологии материалов.

Тема выпускной квалификационной работы: «Выбор материала и  
разработка термообработки коньков бобслейных саней (полозьев скелетона)»

Утверждена приказом по университету № 16290/с от 22.11.2016

Руководитель ВКР к.т.н., доцент В. И.Темных

Исходные данные для ВКР: Информационный обзор, литературный обзор

Перечень разделов ВКР:

1. Скелетон. Общие сведения;
2. Методы исследований;
3. Экспериментальные исследования;
4. Технология изготовления;
5. Экономическая часть: расчет стоимости полозьев скелетона;

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

к.т.н., доцент  
должность, ученая степень

В.И. Темных  
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Р.К. Ширяев  
инициалы, фамилия

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Скелетон. Общие сведения .....	8
1.1 Историческая справка .....	9
1.2 Требования, предъявляемые к состоянию стартовой колеи, материалам и снаряжению.....	10
1.3 Технические проверки .....	11
1.4 Диаметр коньков.....	12
1.5 Измерение температуры коньков .....	12
1.6 Контрольный полоз .....	12
1.7 Конструкция.....	13
1.8 Размеры.....	13
1.9 Коньки .....	14
2 Методы исследований .....	17
2.1. Экспериментальное оборудование и инструменты .....	17
2.1.1 Оборудование для научных исследований .....	17
2.1.2 Технологическое оборудование .....	27
2.1.3 Инструмент и приспособления .....	39
2.2 Термообработка .....	47
3 Экспериментальные исследования.....	52
3.1 Элементный состав материала полозьев.....	52
3.2 Рентгенофазовый анализ материала полоза .....	55
3.3 Микротвердость и шероховатость.....	57
3.4 Определение марки стали полоза .....	58
4 Технология изготовления.....	63
4.1 Гибка полоза .....	63
4.2 Термообработка .....	65
4.3 Сварка крепежных блоков.....	65
4.4 Фрезеровка полоза и крепежных блоков .....	69
5 Экономическая часть: расчет стоимости полозьев скелетона.....	70
Расчет производился следующим образом: .....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	74

## ВВЕДЕНИЕ

В России значительная часть работ и спортивных мероприятий проходит в зимний период при низких температурах. При проведении спортивных мероприятий в зимний период важным становится каждый фактор, влияющий на результат. Кроме мастерства спортсменов и состояния трассы важнейшим фактором успеха является состояние спортивного инвентаря. К нему предъявляются все новые и новые требования. Наша промышленность не успевает за развитием спортивной индустрии развитых стран. По этой причине Россия вынуждена покупать спортивный инвентарь за рубежом. Однако фирмы, производящие спортивный инвентарь, нам продают не лучшие образцы. Они уходят к спортсменам своих стран. Нам же достаётся добротный инвентарь, который отличается в худшую сторону от спортивного инвентаря членов сборных команд производителей этого инвентаря. В итоге нашим спортсменам становится все сложнее занимать призовые места на международных соревнованиях.

Скелетон сравнительно молодой вид спорта и все ведущие фирмы, производящие полозья для скелетона и коньки бобслейных саней, не разглашают технологических сведений по их производству. В связи с чем возникла необходимость разработки технологии изготовления полозьев скелетона на отечественных производствах для тренировочных целей.

Проблема исследования лежит на стыке триботехники, материаловедения, обработки металлов давлением, технологии машиностроения и заключается в выборе материала, разработке технологического процесса изготовления полозьев для тренировочных целей.

Объектом исследования являются полозья скелетона. Предметом – проведение комплекса экспериментальных исследований для определения химического состава, определения структуры, микротвердости, шероховатости, назначение термообработки.

Актуальность работы заключается в импортозамещении: поиск замены импортных полозьев скелетона на отечественные аналоги для тренировочных целей.

Теоретическая значимость:

- определение оптимального выбора материалов;
- разработка технологии изготовления полозьев скелетона;
- выбран режим термообработки;
- результаты исследования позволят расширить и углубить представление о производстве полозьев скелетона.

Практическая значимость:

- импортозамещение;
- представленный в работе материал может быть полезен в дальнейшем изучении данной темы.

Цель работы – выбор материала на основе проведения комплекса исследований, разработка технологического процесса изготовления полозьев, включая термообработку.

Задачи:

- определение физико-механических свойств материала полозьев;
- выбор материала для изготовления полозьев;
- комплексное исследование: электронно-микроскопическое, рентгенофазовый анализ, определение твердости;
- выбор способа термообработки для получения необходимых физико-механических и эксплуатационных свойств полозьев;
- разработка технологий изготовления полозьев скелетона;
- конструирование штамповой оснастки для двухсторонней гибки полозьев скелетона.

Научные методы, использованные в данной магистерской диссертации: электронно-оптический анализ, рентгенофазовый анализ, измерение физико-механических свойств, сравнение, описание, наблюдение.

Структура работы состоит из содержания, введения, теоретической и практической частей, экономической части, заключения, списка использованных источников, приложения А и приложения Б.

## **1 Скелетон. Общие сведения**

Скелетон – Олимпийский зимний вид спорта, который заключается в спуске по ледяному жёлобу, на специальных санях с двумя полозьями, укреплённых на раме. Побеждает в состязании тот спортсмен, который по результатам двух или четырёх заездов в сумме получает наилучший результат. [1] Международная федерация бобслея и тобоггана, ФИБТ (Federation Internationale de Bobsleigh Tobogganing, FIBT)



Рисунок 1 – Скелетон



## 1.1 Историческая справка

В 1882 году в Швейцарии английскими солдатами была построена первая санная трасса. Она соединила деревни Давос и Клостерс. Спускались по трассе на санных, которые делили на канадские, американские и швейцарские. Предками скелетона принято считать канадские, точнее, индейские сани – тоббоган. В конце 19 века они были популярны в альпийских странах. Впрочем, прародителем скелетона вполне можно назвать и аке – норвежские сани, которыми пользовались рыбаки.

В 1882 году англичанин Чайлд создал металлические сани, осмотрев которые, его современники нашли их похожими на скелет (отсюда и название). Однако. Есть версия, что «skele» происходит от неверного произношения норвежского слова, обозначающего норвежские санки.

В мир скелетон вышел в 1905 году. Первой ему покорилась Австрия, где скелетонисты впервые показали, на что способны, на состязаниях у бобслеистов. Уже в 1926 году международная федерация бобслея и тоббогана приняла решение официально признать правила скелетона, сформированные швейцарцами. А в 1928-м в олимпийском Санкт-Морице американец Джениссон Хитон стал обладателем золота в дисциплине «скелетон». Впрочем, после 1948 года этого вида спорта в олимпийской программе уже не было.

В 1969 году в немецком Кёнигзее была создана первая в мире искусственная бобслейная трасса, и спортсмены получили возможность тренироваться, не завися от сезона и погоды.

С 1986 года в мире стали формироваться международные школы скелетона. В 1994-м в серии игр Кубка мира состязались команды 25 стран. В 1998 году впервые за всю историю вида спорта Чемпионат мира транслировали в прямом эфире на канале «Евроспорт».

А 2 октября 1999 года скелетон, наконец, был снова включен в программу Олимпийских игр.[2]

## **1.2 Требования, предъявляемые к состоянию стартовой колеи, материалам и снаряжению**

Скелетон – Олимпийский зимний вид спорта, который заключается в спуске по ледяному жёлобу, на специальных санях с двумя полозьями, укреплённых на раме.

Стартовые колеи намечаются жюри в первый день тренировок, изменения в них могут вноситься только под контролем жюри. Обе колеи должны быть подготовлены должным образом для коньков скелетонов (диаметр - 16 мм).

Обычно все соревновательные заезды должны совершаться на одних и тех же санях. Если сани получили неустранимые повреждения, жюри может разрешить использование других саней. Перед первыми соревнованиями все сани должны проверяться инспекторами по материалам или судьями, и на них необходимо размещать клеймо ФИБТ. Данное требование распространяется и на используемые в качестве замены.

Запрещается нагревать полозья или обрабатывать их твердыми, жидкими или газообразными веществами с целью улучшения их скольжения. Также запрещено использовать какие-либо придающие дополнительную движущую приспособления. Смена полозьев между соревновательными заездами, проводимыми на протяжении одного дня, допускается только в случае их повреждения и с разрешения жюри. На всех официальных соревнованиях ФИБТ (Олимпийские зимние игры, чемпионаты мира, юниорские чемпионаты мира, континентальные чемпионаты, Кубки мира, межконтинентальные Кубки, Кубки Америки, Кубки Европы) разрешается использование только стандартных коньков ФИБТ (из стандартных материалов). [1]

### 1.3 Технические проверки

Сани, которые будут использоваться на соревнованиях, должны находиться в закрытом парке (зоне старта) в специально отведенных для них местах. Если жюри не определит иначе, коньки саней должны быть обращены к подставкам.

В закрытый парк сани должны быть доставлены с чистыми коньками.

После этого момента любая работа над санями или коньками запрещена. Замена коньков и замена деталей саней также запрещена. В закрытый парк могут входить только те спортсмены или тренеры, которые должны доставить сани к месту старта.

В это время разрешается зашкуривать царапины после их проверки судьями.

Коньки могут полироваться только с использованием шлифовального материала, предоставленного ФИБТ.

При этом коньки должны оставаться установленными на санях. Использование каких-либо других материалов и/или веществ запрещено. Нарушение данного правила наказывается немедленной дисквалификацией.

Если комплект коньков повреждается во время соревнований до такой степени, что их быстрый ремонт представляется невозможным, то спортсмен, получив разрешение жюри, может использовать новый комплект коньков. Новый комплект коньков должен соответствовать положениям международных правил ФИБТ.

Все сани и коньки, задействованные в соревнованиях, могут быть подвергнуты техническим проверкам.

Нарушение Международных правил ФИБТ автоматически влечет за собой отстранение от соревнований, в ходе которых Правила были нарушены. [1]

#### **1.4 Диаметр коньков**

Жюри или Комитет ФИБТ по материалам проверяют диаметр коньков, используя официальные шаблоны ФИБТ. Диаметр коньков не может быть меньше диаметра шаблона. Диаметр составляет 16 мм. [1]

#### **1.5 Измерение температуры коньков**

Температура коньков измеряется перед стартом в соответствии с распоряжениями жюри. Оба конька проверяются электронным измерительным прибором, оснащенным датчиком измерения температуры, способным измерять температуру в интервале как минимум от +30 °С до -20 °С, и дисплеем.

Температура коньков, установленных на используемых в соревнованиях санях, не должна превышать температуру контрольного конька более чем на 4 °С. Если температура контрольного конька ниже -14 °С, максимальная температура коньков саней может составлять -10 °С. Если температура конька находится за предписанным пределом, сразу же после данного измерения производится повторное измерение температуры контрольного конька и конька проверяемых саней. Если результаты повторного измерения снова показывают, что температура конька выходит за предписанные границы, спортсмен немедленно дисквалифицируется. Данные о результатах измерений заносятся в протокол измерения температуры. [1]

#### **1.6 Контрольный полоз**

В случае чрезвычайных погодных условий (высокая температура) после измерения температуры коньков жюри может отдать спортсменам распоряжение непосредственно перед стартом положить сани на снег. [1]

## 1.7 Конструкция

Обычно сани для скелетона состоят из следующих конструктивных элементов:

- рама с держателями коньков и направляющими для стоек коньков;
- седло (поддерживающая платформа) с ручками;
- корпус скелетона (опорная плита);
- балласт;
- коньки с блоками и стойками;
- бамперы;
- покрытие саней (набивка, клейкая лента и т. д.).

Размеры, указанные в чертежах, на диаграммах и иллюстрациях, должны строго соблюдаться.

Под термином «сталь» ФИБТ понимает сплав железа и углерода, в котором содержание железа (Fe) превышает 50 %, или сплав, дающий положительный результат на химический тест ФИБТ.

Данное положение не применяется в отношении отдельно указанных компонентов саней. [1]

## 1.8 Размеры

Длина саней: 800–1200 мм (рис. 1, 2)

Общая высота саней: 80–200 мм (в подготовленном для соревнований состоянии)

Расстояние между коньками: 340–380 мм от центра одного конька до центра другого конька. [1]

## 1.9 Коньки

Требования предъявляемые к конькам:

- Блоки и стойки коньков должны быть приварены к конькам.
- Коньки должны крепиться непосредственно к держателям коньков.

Все коньки должны быть цельными и должны производиться из стандартных материалов в соответствии с требованиями ФИБТ. (рис. 2,3)

Требования к материалам, предъявляемые ФИБТ, гарантируют, что коньки будут производиться из одинаковой стали. Стандартные материалы производятся и распространяются выбранным ФИБТ предприятием.

Материал поставляется в виде отполированных круглых стержней диаметром 16 мм (кавалитет h9), длиной 1000 мм -0/+50 мм. Материал всегда поставляется с маркировкой. Маркировка должна всегда сохраняться на коньках в неизменном виде.

Обработка материалов каким бы то ни было способом запрещена, в том числе и обработка, которая приводит к изменениям физических характеристик, состава или структуры материала лишь в отдельных местах. Нанесение какого-либо покрытия запрещено.

Диаметр стального конька должен составлять 16 мм по всей длине конька, как в области соединения с держателями коньков, так и области стоек (допустимая погрешность составляет  $\pm 0,50$  мм).

Желобки и выточенные области коньков должны иметь такую форму, которая позволит избежать чрезмерного повреждения ледяной поверхности трассы. Глубина желобков и выточенных областей при измерении от поверхности льда не должна превышать 2 мм. [1]

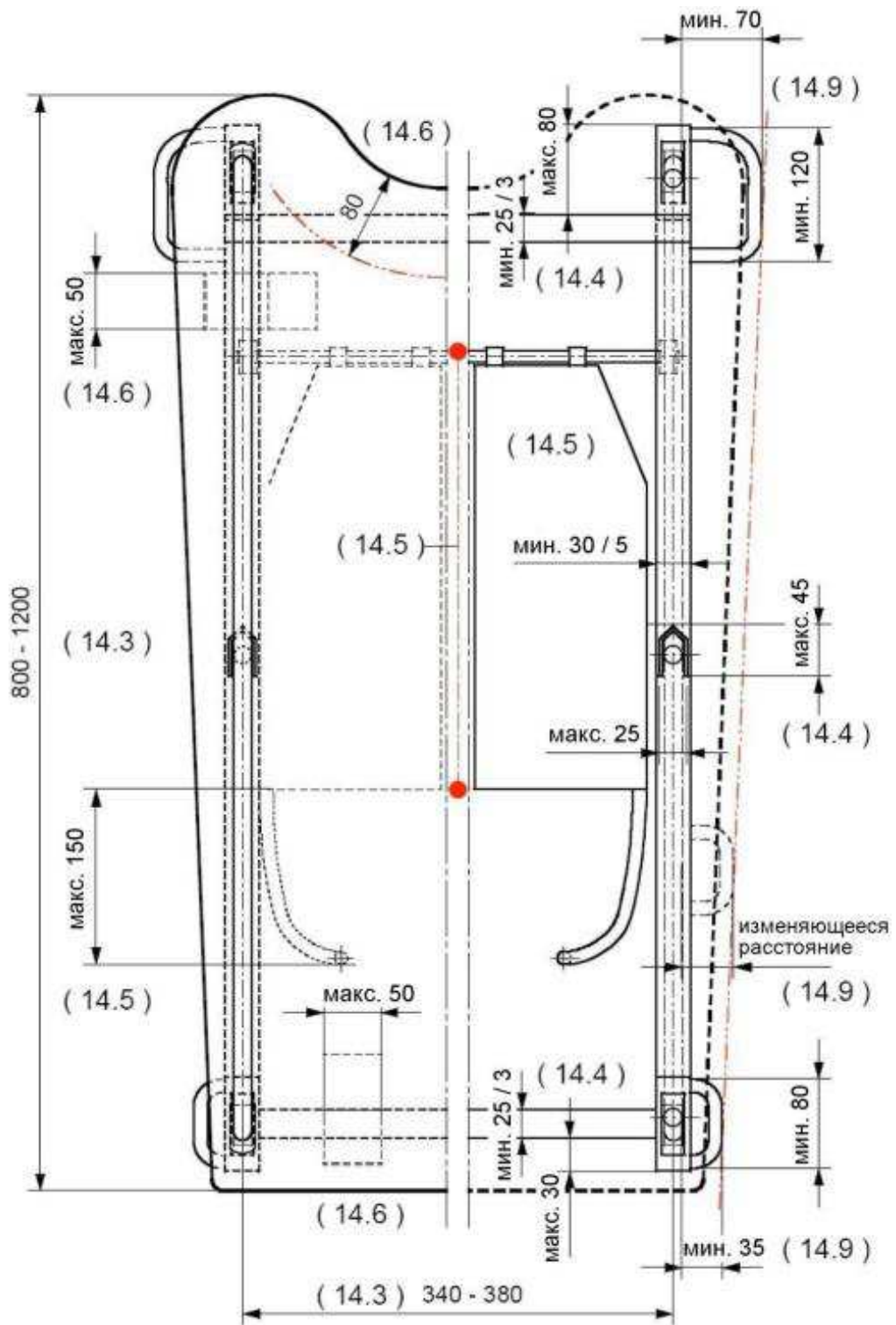


Рисунок 2 – Сани с полозьями в сборе, вид сверху

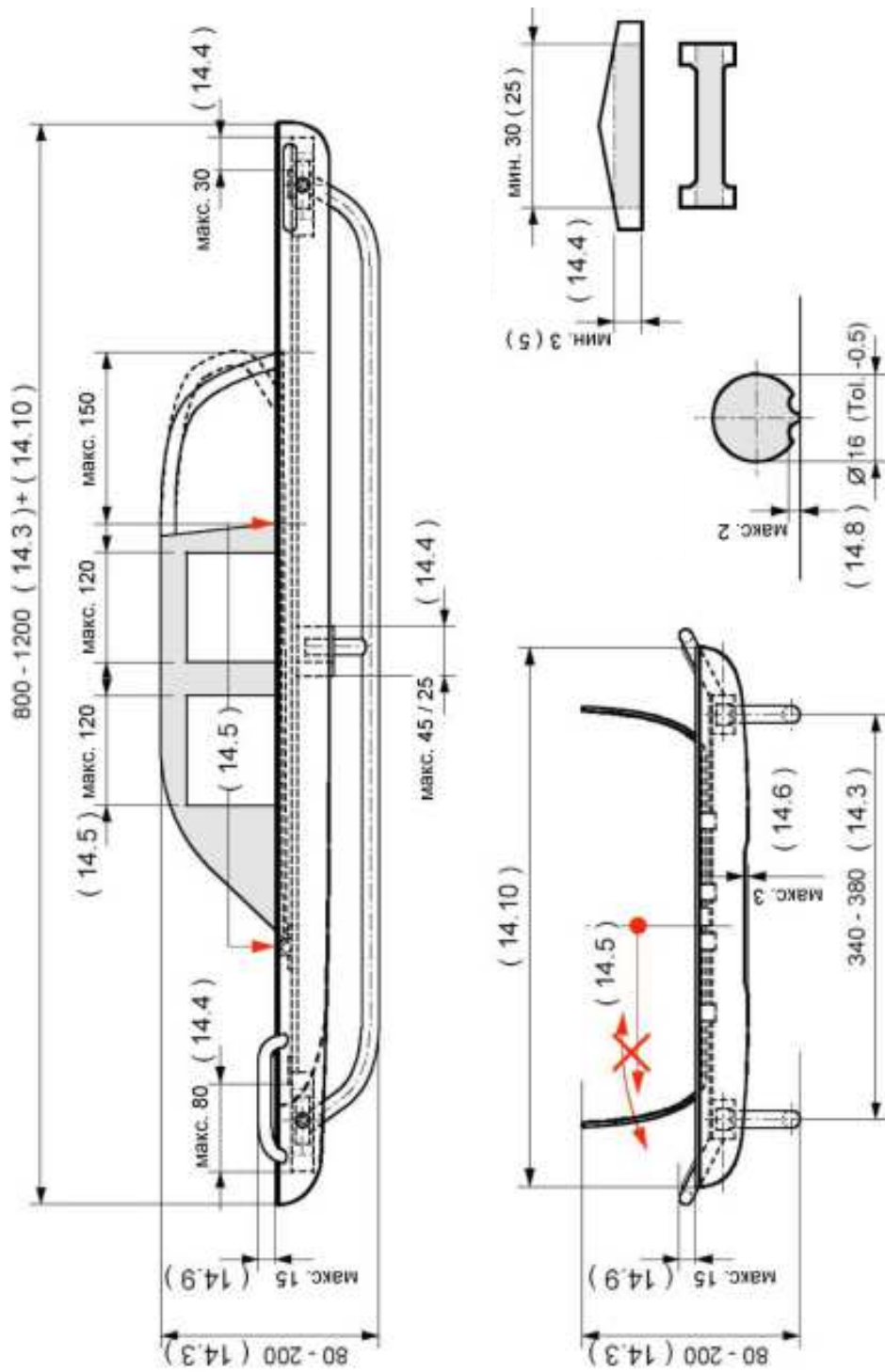


Рисунок 3 – Сани с полозьями в сборе, вид сбоку



## **2 Методы исследований**

В данной главе изложены комплексные исследования физико-механических свойств и структуры материала полозьев скелетона. Методики экспериментальных исследований, оборудование которое использовалось для выполнения эксперимента; методика разработки термообработки полозьев скелетона.

### **2.1. Экспериментальное оборудование и инструменты**

#### **2.1.1 Оборудование для научных исследований**

##### **Элементный состав**

Для исследование элементного состава материала полоза скелетона применялся растровый электронный микроскоп JEOL JSM-7001F

Технические характеристики:

1. термополевой источник электронов;
2. ускоряющее напряжение от 0.5 до 30 кВ;
3. разрешение (изображение во вторичных электронах) до 1.2 нм (при ускоряющем 30 кВ);
4. увеличение: от  $\times 10$  до  $\times 1\,000\,000$ ;
5. виды контраста (вторичные и отраженные электроны): топографический, композиционный;
6. элементный анализ: от В до U;
7. столик для образцов эвцентрического типа с компьютерным управлением.

Направления использования:

1. морфология поверхности различных материалов неорганического происхождения, получение изображения во вторичных и отраженных электронах;

2. полуколичественный и количественный элементный анализ поверхности (до субмикронного уровня), картирование фаз;
3. микроструктурный анализ: текстурный анализ, построение карт ориентировки кристаллитов, дискриминация фаз и построение карт распределения кристаллических фаз, определение размера и формы зерен, определение типа границ, построение полюсных фигур. [3]

Исследование элементного состава проведено в лаборатории электронной микроскопии ЦКП СФУ. Элементный состав определен с помощью энергодисперсионного спектрометра фирмы *Oxford Instruments*, смонтированного на колонне сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) *JEOL JSM 7001F*. Спектрометр позволяет анализировать химические элементы от В до U. Элементный состав определяли с площади при увеличениях  $\times 370$ ,  $\times 500$ ,  $\times 600$ . Параметры энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа следующие: ускоряющее напряжение 15 кВ, ток пучка  $5 \times 10^{-9}$  А. Калибровка для ускоряющего 15 кВ проводилась по Со.

### **Рентгенофазовый анализ**

Рентгенофазовый анализ проводился на рентгеновском дифрактометре D8 Advance (Bruker)

Технические характеристики:

1. сверхбыстрый позиционно-чувствительный детектор для скоростной съёмки;
2. пакет программного обеспечения для обработки дифрактограмм, фазовой идентификации, количественного анализа многофазных образцов по методу Ритвельда;
3. определения размеров кристаллитов и микронапряжений по профилю линий;

4. приставки для измерений в диапазонах температур 190 - 450<sup>0</sup>С и 20 - 1600<sup>0</sup>С;

Направления использования:

1. качественный и количественный анализ кристаллических фаз;
2. структурный анализ;
3. определение размеров кристаллов;
4. анализ структурных изменений кристаллических фаз при изменении температуры, влажности и давления;
5. быстрая съемка с применением позиционно-чувствительного детектора.

Дифрактометр рентгеновский общего назначения (рис. 4) работает в комплексе с ПЭВМ, используемой для фокусировки пучка, съемки и обработки экспериментальных данных. Все детали, определяющие геометрию съемки, а также держатель образца и детектор устанавливают на гониометрическом устройстве. Трубка и гониометр должны образовывать жесткую систему, с этой целью трубку часто укрепляют непосредственно на гониометре (рис. 4, а). Держатель образцов и счетчик приводятся в движение синхронным электродвигателем для съемки рентгенограммы.



Рисунок 4 – Общий вид дифрактометра BRUKER D8 ADVANCE

В гониометре, работающем по Брэггу-Брентано (рис. 5, б), источник излучения  $F$  и щель  $S_2$  счетчика  $C$  располагаются на окружности радиусом  $R_r$ , в центре которой находится плоский образец  $P$ . Радиус фокусирующей окружности  $r_f = R_r / \sin 2\theta$  меняется при изменении угла отражения  $\theta$ . Для строгого выполнения условий фокусировки необходимо сообщать поверхности образца кривизну, зависящую от угла  $\theta$ .

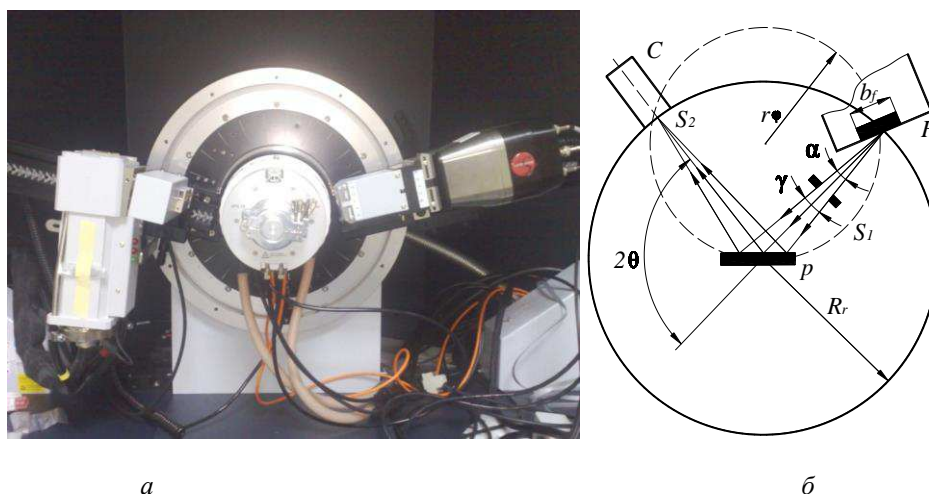


Рисунок 5 – Рентгенооптическая часть дифрактометра: *а* – гониометр с рентгеновской трубкой, держателем образца, детектором; *б* - рентгенооптическая схема дифрактометра с фокусировкой по Брэггу-Брентано: ход лучей в плоскости фокусировки

На гониометре устанавливают также сменные (или регулируемые) щели  $S_1$  и  $S_3$ , ограничивающие расходимость первичного пучка в плоскости фокусировки (горизонтальной плоскости) и в плоскости, перпендикулярной плоскости фокусировки (вертикальной плоскости). [4]

Исследование рентгенофазового анализа проведено в лаборатории электронной микроскопии ЦКП СФУ. Рентгенофазовый анализ проводился на рентгеновском дифрактометре D8 Advance (Bruker) в геометрии Брегга-Брентано. Метод рентгеновской дифракции позволяет идентифицировать фазы кристаллитов, проводить их количественный анализ и определять атомную структуру кристаллитов с минимальной пробоподготовкой.

Рентгенофазовый анализ позволяет получить следующие данные:

- Плотность распределение фазы;
- Количество фаз;
- Текстура;
- Остаточные напряжения;
- Структура кристаллита;

Люминесцентный детектор регистрирует дифракционную картину рассеяния кристаллом рентгеновского излучения.

Для рентгенофазового (РФА) анализа применялась рентгеновская трубка с Cu катодом.

Методы фазового анализа. Фазой называют однородные (гомогенные) составные части системы, имеющие одинаковый состав, кристаллическое строение и свойства, одно и то же агрегатное состояние и отделенные от других составных частей поверхностями раздела. Физические свойства твердых тел зависят в определенной степени от их фазового состава, поэтому важной задачей физического материаловедения является установление фазового состава кристаллического вещества, который часто определяют с помощью рентгенографического фазового анализа. Фазовым анализом называется установление наличия фаз в исследуемом образце, их идентификация (качественный анализ) и определение относительного содержания фаз (количественный анализ). Каждое кристаллическое вещество характеризуется атомным составом, кристаллической решеткой и расположением атомов в элементарной ячейке и поэтому дает специфическую рентгеновскую дифракционную картину. Таким образом, получаемая в эксперименте рентгеновская дифракционная картина многофазного поликристаллического образца есть сумма рентгенограмм всех фаз, находящихся в образце. Дифракционной характеристикой вещества служит спектр значений межплоскостных расстояний  $d$  и относительных интенсивностей ( $I$ ) отражений от этих плоскостей, полученной на монохроматическом излучении.

Фазовый рентгеноструктурный анализ основан на том, что каждая фаза имеет свою специфическую кристаллическую решетку с определенными параметрами и ей соответствует на рентгенограмме своя система линий. Поэтому в общем случае при съемке вещества, представляющего собой смесь нескольких фаз, получается рентгенограмма, на которой присутствуют линии всех фаз входящих в состав образца. Проводя расчет и индентификацию линий рентгенограммы, можно получить точные данные о качественном составе исследуемого вещества. Применяв специальные методы фазового анализа можно определить не только качественный, но и количественный фазовый состав. Интенсивность линий различных фаз на рентгенограмме зависит от многих факторов, в том числе и от количества той или иной фазы. С увеличением содержания фазы в смеси интенсивность принадлежащих ей линий возрастает. Однако надежное определение наличия той или иной фазы в смеси возможно лишь при некоторых минимальных ее количествах.

Уменьшение количества какой-то фазы может привести к практически полному исчезновению ее линий на рентгенограмме. Под чувствительностью метода фазового анализа понимают минимальное количество фазы в смеси, которому соответствует достаточное для надежного ее определения число линий на рентгенограмме. Чувствительность методов фазового анализа зависит от многих факторов: отражательной способности атомных плоскостей (точнее, рассеивающей способности атомов, составляющих данные плоскости решетки); соотношения коэффициентов поглощения всей смеси и определяемой фазы; доли некогерентного рассеяния (фона) на рентгенограмме; величины искажений решетки искомой фазы; величины кристаллов. Чем выше отражательная способность атомных плоскостей искомой фазы и чем слабее фон на рентгенограмме, тем выше чувствительность метода. Чувствительность ниже, чем меньше коэффициент поглощения искомой фазы и при наличии в исследуемом объекте остаточных микронапряжений, а также в случае малых размеров кристаллитов (менее  $10^{-6}$  см).

Качественный фазовый анализ. Для решения вопроса о том, какая фаза присутствует в пробе, нет необходимости в определении ее кристаллической структуры, а достаточно, рассчитав рентгенограмму или дифрактограмму, снятую по методу порошка, сравнить полученный ряд межплоскостных расстояний с табличными значениями. Совпадение (в пределах ошибок эксперимента) опытных и табличных значений  $d/n$  и относительной интенсивности линий позволяет однозначно идентифицировать присутствующую в образце фазу. Сравнение с табличными результатами начинают с наиболее интенсивных линий. Если три-четыре наиболее интенсивных линии предполагаемой фазы отсутствуют, то полученные значения  $d/n$  следует сравнивать с табличными для другой фазы.

Межплоскостные расстояния для различных неорганических фаз имеются в ряде справочников. Наиболее полный и постоянно обновляемый определитель фаз – картотека ASTM (Американское общество испытаний материалов). В таблице: представлена одна из карточек этой картотеки. В карточке указывается химическая формула соединения, пространственная группа, периоды элементарной ячейки, межплоскостные расстояния и индексы дифракционных линий. Приведен полный перечень линий данного вещества и их относительные интенсивности, а также условия съемки рентгенограммы. Могут быть включены также такие физические характеристики, как плотность, цвет, оптические свойства. В верхней части карточки указаны  $d/n$  трех самых сильных линий и их относительные интенсивности, а также линия с наибольшим межплоскостным расстоянием.[5]

### **Определение микротвердости**

Прибор предназначен для измерения твердости по методу Роквелла, металлов и сплавов по ГОСТ 9013 [6], пластмасс, графитов и электрографитов, фанеры, прессованной древесины и других материалов.

Прибор имеет электромеханический привод приложения и снятия основной нагрузки.

Смена нагрузок производится поворотом рукоятки. Имеется подсветка места испытания.

Стационарный твердомер ТР 5014 предназначен для измерения твердости поверхности образцов металлов по методу Роквелла в соответствии с ГОСТ 24622 [7], ГОСТ 23677 [8], ГОСТ 10242 [9] и Бринелля в соответствии с ГОСТ 9013 [6], ГОСТ 24622 [7] пластмасс, графитов, фанеры, прессованной древесины и других материалов. Основные технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики

Модель	ТР 5014
Диапазон измерения твердости	25~100 HRB, 20~70 HRC, 70~95 HRA, 4~450 HB*
Испытательные нагрузки основная/дополнительная	588,4; 980,7; 1471/ 98,07 Н. 612,9; 980,7; 1226; 1839 Н (Бринелль)*
Пределы допускаемой погрешности твердомера от числа твердости образцовой меры твердости 2-разряда МТР-1 HRC 25 <sub>+5</sub> HRC 45 <sub>+5</sub> HRC 65 <sub>+5</sub> HRA 83 <sub>+3</sub> HRB 90 <sub>+10</sub>	 ±2,2 ед. твердости ±1,5 ед. твердости ±1,0 ед. твердости ±1,2 ед. твердости ±2,0 ед. твердости
Предел допускаемой погрешности нагрузок в диапазонах основном/дополнительном, не более	±0,5/2,0 % ±1,0% (Бринелль)*
Время приложения и снятия основной нагрузки на образец	2-8 сек.(0-99 сек. время выдержки под нагрузкой)
Используемые индентора	Алмазный конус, твердосплавный наконечник, твердосплавный шарик Ø1,588 мм., Ø3,175мм., Ø5,0* мм., Ø6,35 мм., Ø10* мм., Ø12,7 мм.
Расстояние от индентора до опорного столика	0~200 мм.
Расстояние от центра отпечатка до станины	152 мм.
Габаритные размеры, мм. (ДхШхВ)	535х220х630
Масса	85 кг.
Электропитание	~220V/50Hz
Мощность	0,06 кВт.



Замеры осуществлялись путем вдавливания четырехгранной алмазной пирамидкой при нагрузке 100 г. Измерение проводилось в трех точках полоза, при расчетах по каждой точке находилось среднее арифметическое значение.

В результате вдавливания поверхностные слои металла, находящиеся под наконечником и вблизи него, пластически деформируются. После снятия нагрузки остается отпечаток. Особенность происходящей при этом деформации в том, что она протекает только в небольшом объеме, окруженном недеформированным металлом. Таким образом, твердость характеризует сопротивление металла пластической деформации и представляет собой его механическое свойство.

Конус или шарик вдавливают в испытуемый образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок: предварительной  $P_0$  и основной  $P_1$ . Общая нагрузка  $P$  будет равна:  $P = P_0 + P_1$ .

При испытании сначала прикладывают предварительную нагрузку  $P_0=100$  Н, затем общую нагрузку  $P$ , равную: при вдавливании шарика (шкала В) 1000 Н; при вдавливании алмазного конуса (шкала С) 1500 Н; при вдавливании алмазного конуса (шкала А) 600 Н (рис. 6).

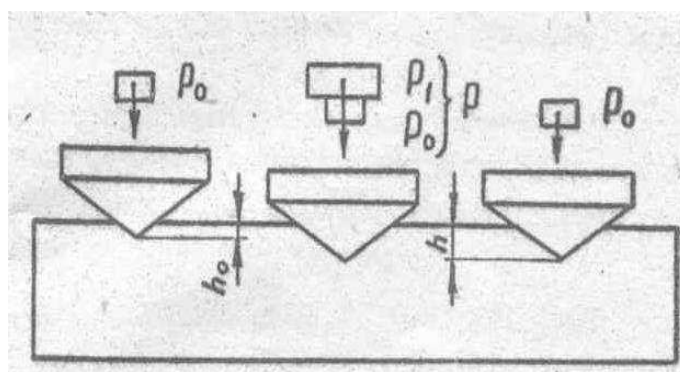


Рисунок 6 – Разновидность глубины проникновения наконечника под действием двух нагрузок

Твердость по Роквеллу обозначается цифрами и буквами HR с указанием шкалы твердости (А,В,С).

Число твердости по Роквеллу определяют по формуле

$$HR = (k - (h - h_0)) / c$$

где  $h_0$  - глубина внедрения наконечника под действием силы  $P_0$ ;

$h$  - глубина внедрения наконечника под действием общей нагрузки  $P$ ;

$k$  - постоянная величина, для шарика 0,26; для конуса 0,2;

$c$  - цена деления циферблата индикатора.

При измерении твердости нагрузка должна действовать строго перпендикулярно к поверхности образца. Нагрузки следует прилагать плавно.

Твердость измеряют на приборе, представленном на рис. 7. [10]

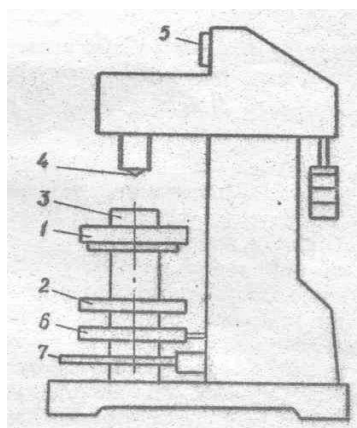


Рисунок 7 – Схема прибора для измерения твердости по Роквеллу

### **Определение шероховатости**

Для определения шероховатости применялся способ основанный на сравнении измеряемой поверхности с образцами шероховатости, регламентированными ГОСТ 9378-93.[11] Стандарт распространяется на образцы шероховатости поверхности, предназначенные для сравнения визуально и на ощупь с поверхностями изделий, полученными обработкой резанием, полированием, электроэрозионной, дробеструйной и пескоструйной обработкой.

Образцы шероховатости комплектуются наборами (образцы для шлифования, точения и расточки, фрезерования, строгания, электроэрозионной обработки, дробеструйной и пескоструйной обработки и полирования). К каждому набору образцов прилагают паспорт, содержащий перечень образцов, входящих в набор, воспроизводимые способы обработки и значения параметров шероховатости.

Этот метод является простым и доступным, обеспечивает достоверность контроля и широко применяется в цеховых условиях. Для повышения точности оценки используют сравнительные микроскопы, в которых ставят рядом образец и контролируемую деталь. [12]

## 2.1.2 Технологическое оборудование

### Гидравлический пресс

Гидравлический пресс состоит из двух сообщающихся гидравлических цилиндров (с поршнями) разного диаметра. Цилиндр заполняется гидравлической жидкостью, водой, маслом или другой подходящей жидкостью.

Гидравлические прессы в отличие от молотов деформируют металл при малых скоростях движения рабочего инструмента — до 30 см/с. Эта скорость в начале деформирования заготовки равна нулю. [13] Технические характеристики прессы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики прессы П6330

Наименование параметра	П6330
Основные параметры прессы	
Номинальное усилие прессы, кН (т)	1000 (100)
Наибольший ход штока, мм	500
Наибольшее расстояние между столом и штоком - открытая высота прессы, мм	750
Расстояние от оси штока до станины (вылет), мм	400
Скорость штока - рабочий ход, мм/сек	12,5
Скорость штока - холостой ход, мм/сек	80
Скорость штока - возвратный ход, мм/сек	18

## Продолжения таблицы 2

Размеры стола, мм	800 x 630
Размеры проема в столе, мм	200 x 415
Размеры съемного правильного стола, мм	2000 x 420
Масса съемного правильного стола, кг	960
Масса правильного инструмента, кг	195
Высота стола над уровнем пола, мм	725
Номинальное рабочее давление жидкости, кг/см <sup>2</sup>	250
Электрооборудование	
Количество электродвигателей	1
Электродвигатель главного привода, кВт	22
Габариты и масса прессы	
Габариты прессы (длина ширина высота), мм	1630 x 1250 x 2760
Масса станка, кг	5500

Основная работа совершается гидропрессами давлением рабочей жидкости (воды, эмульсии, масла), создаваемым в рабочих цилиндрах. Чем выше это давление и чем больше площадь рабочих цилиндров, тем значительнее усилие, развиваемое прессом. В настоящее время в гидравлических прессах создаются давления до 100 МПа (1000 ат). Усилие наиболее крупных гидравлических прессов доходит до 740 МН (75 000 тс).

Пресс гидравлический одностоечный без гидроподушки П6330 предназначен для выполнения широкого круга работ: запрессовки - выпрессовки, прошивки, калибровки, правки (рихтовки), листовой штамповки без глубокой вытяжки.

Гидравлический пресс одностоечный универсальный модели П6330, усилием 1000кН предназначен для выполнения следующих операций:

- Гибка;
- Пробивка;
- Штамповка;
- Калибровка;
- Запрессовка;

правка - при оснащении правильным инструментом и правильным столом;

точная правка - при оснащении устройством для точной правки и, при необходимости, правильным столом.

Прессы могут применяться как в производственных, так и в ремонтных подразделениях и мастерских.

Прессы ПБ330, кроме того, имеют возможность встройки в автоматическую линию или комплекс. По особому заказу все прессы могут оснащаться правильным столом и оснасткой, а прессы ПБ6330-02 и ПБ6334-02 - механизмом точной правки.

Все узлы прессов установлены на С-образной станине сваренной из листового проката. В верхней консоли закреплен рабочий цилиндр. К нижнему торцу штока цилиндра крепится ползун, с левой стороны пресса — конечные выключатели, с правой — электрошкаф с кнопочной панелью управления и манометры. На нижней консоли устанавливается стол для крепления инструмента или правильного стола, на который может быть установлено приспособление для правки. На передней части нижней консоли пресса расположены пульта управления. Для ручного управления предусмотрена рукоятка.

Привод пресса индивидуальный гидравлический, расположен внутри гидробака, установленного на станине.

Цилиндр - поршневого типа крепится в верхней части станины. В отверстие штока цилиндра установлен рабочий инструмент.

Электросхема имеет блокировку, осуществляющую немедленное отключение вводного автомата при открывании дверцы электрошкафа.

Рабочие органы цилиндра, насосов и гидроаппаратуры постоянно смазываются рабочей жидкостью — маслом — и не требуют специальной смазки. Оси рычагов управления смазываются пресс-масленками.

На прессах установлено ограждение и фотозащита.

Режимы работы:

- Наладочный;
- Полуавтоматический;
- Автоматический;

Управление прессом осуществляется:

- От рукоятки;
- От рукоятки с кнопкой;
- От одной кнопки;
- От двух кнопок;

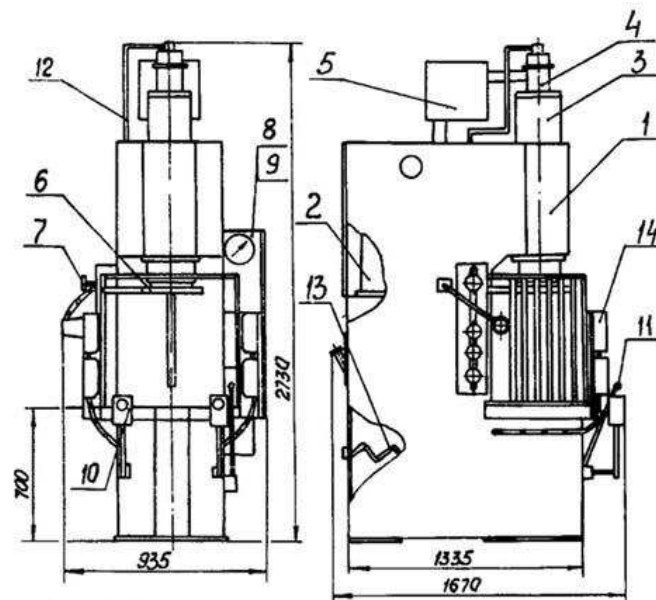


Рисунок 8 – Общий вид пресса

1. Станина, сваренная из стальных листов
2. Гидроагрегат
3. Рабочий цилиндр
4. Клапан наполнения
5. Бак наполнения
6. Ползун
7. Кронштейн с флажком для переключения конечных выключателей
8. Электрооборудование
9. Ящик управления с кнопочной панелью
10. Пульты двухкнопочного управления
11. Рукоятки рычажного управления
12. Трубопровод, соединяющий гидроагрегат с цилиндром и манометром
13. Змеевик маслоохладителя

#### 14. Узлы фотозащиты для блокировки движения

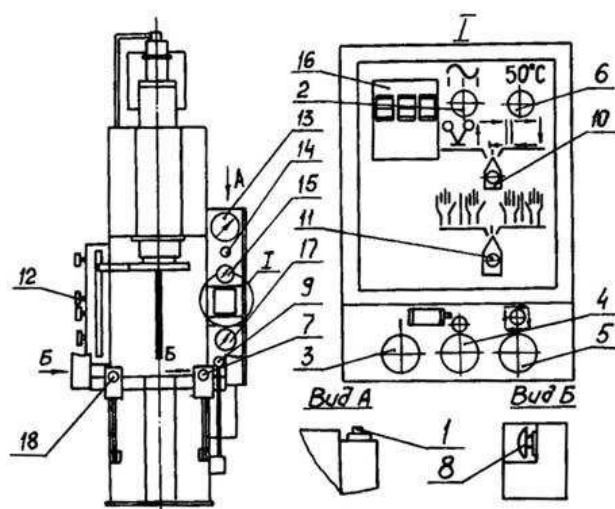


Рисунок 9 – Расположение органов управления прессы

1. Вводный выключатель
2. Лампочка "Сеть включена"
3. Кнопка "Пуск двигателя"
4. Кнопка "Стоп двигателя"
5. Кнопка "Стоп автороботы"
6. Лампочка "Масло перегрето"
7. Кнопка аварийного подъема штока
8. Кнопка двурукого включения
9. Управление от рукоятки
10. Переключатель режимов работы
  - центральное положение – полуавтомат
  - правое положение - автомат
  - левое положение - ручной режим
11. Переключатель режимов управления
  - центральное положение - двурукое управление
  - правое положение - управление правой рукой

- левое положение - управление левой рукой
12. Ручки регулировки хода ползуна
  13. Манометр давления в поршневой полости цилиндра
  14. Регулятор усилия (давления) цилиндра
  15. Манометр шестеренного насоса
  16. Реле времени
  17. Манометрический термометр для контроля температуры масла в емкости станины
  18. Кнопка "Общий стоп"

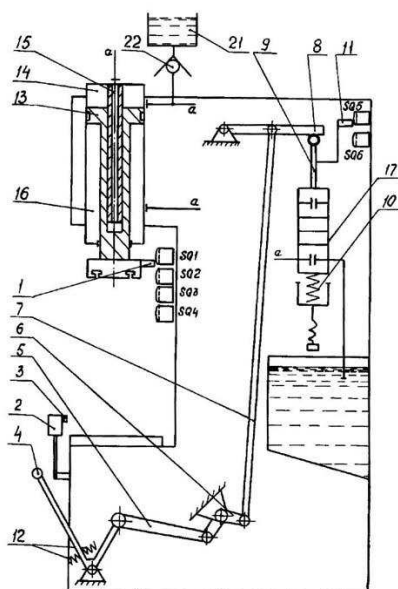


Рисунок 10 – Система управления прессом

На ползуне пресса закреплен кронштейн с флажком а- экраном, который взаимодействует с конечными выключателями SQ1, SQ2, SQ3, SQ4.

На передних пультах управления 2 установлены кнопки 3. Рукоятка ручного управления 4 через тягу 5, рычаг 6, тягу 7 присоединяется к шарнирно-закрепленной на станине планке 8, которая входит в прорезь хвостика золотника 9 дросселя 17. Дроссель крепится к станине болтами, золотник подпружинен регулируемой пружиной 10.



На золотнике закреплен кронштейн с флажком 11, который взаимодействует с конечными выключателями SQ5 и SQ6. Упоры 12 ограничивают ход рукоятки 4.

Совместно с системой управления работают бак наполнения 21, клапан наполнения 22 и гидроагрегат (на рис. не показан). На рисунке буквой "а" обозначены места подвода рабочей жидкости от гидроагрегата к цилиндру 13 и дросселю 17. Подвод рабочей жидкости осуществляется в поршневую 14, форсирующую 15 и штоковую 16 полости цилиндра.

На прессе установлена автономная группа узлов фотозащиты. Фотозащита состоит из двух кронштейнов и двух стальных решеток, закрепленных на боковых листах станины, скрепленных кронштейнами и тягой между собой. На передних кронштейнах установлены два осветителя и два светоприемника.

Фотозащиту следует применять для дополнительной защиты обслуживающего персонала при двуруком управлении и при необходимости одноручного управления для всех режимов работы прессы.

При включенной фотозащите пересечение световых лучей в наладочном режиме обеспечивает останов ползуна при ходе вниз, при кнопочном полуавтоматическом и автоматическом режимах управления - включает возвратный ход ползуна и останов его в исходном положении.

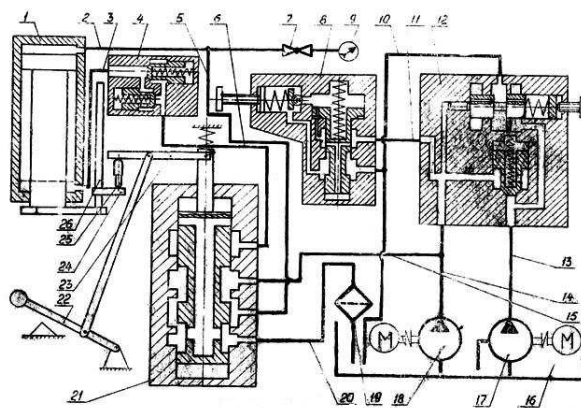


Рисунок 11 – Гидравлическая схема прессы

На прессе предусмотрены следующие режимы работы

- наладочный режим (ручное управление от рукоятки и кнопки)
- полуавтоматический режим (кнопочное управление, однорукое правое и левое, двурукое)
- автоматический режим (кнопочное управление)

Переключение режимов осуществляется посредством переключателей, установленных на пульте управления пресса.

- Наладочный режим работы пресса П6330

Исходное положение пресса - ползун вверху.

Переключатель режимов работ поставить на ручной режим.

Нажатием кнопки "Пуск" включается электродвигатель насоса. В исходном положении рабочая жидкость проходит путь от насоса через панель гидроагрегата и сливается в маслобак.

При движении рукоятки 4 вниз через систему тяг и рычагов, планка 8, перемещаясь относительно опоры, нажимает на золотник 9 и перемещает его вниз. Вместе с движением золотника перемещается кронштейн с флажком 11. В момент входа флажка в конечный выключатель SQ6 подается электрическая команда на электрогидроаппараты гидропанели, которые пропускают поток масла от насоса в форсирующую полость 15 цилиндра. Ползун пресса перемещается ускоренно вниз. Рабочая жидкость из штоковой полости 16 через электрогидроаппараты панели гидроагрегата сливается в маслобак (см.руководство к гидроагрегату).

Клапан наполнения 22 открыт для свободного заполнения поршневой полости 14 рабочей жидкостью из бака наполнения 21. При своем ускоренном движении вниз ползун при помощи флажка I включает конечный выключатель SQ2, от которого подается электрическая команда на рабочий ход, рабочая жидкость поступает одновременно в поршневую и форсирующую полости, что обеспечивает движение ползуна с рабочим усилием.

Скорость ползуна пресса на форсирующем (холостом) и рабочем ходе регулируется величиной хода рукоятки, которая через рычаги 5, 6, 7 и планку 8 воздействует на золотник 9, пропускающий поток рабочей жидкости от насоса, независимо от гидропанели, на слив в бак и тем самым изменяет величину потока, поступающего в полости цилиндра.

При достижении ползуна с флажком конечного выключателя SQ4 ползун останавливается, так как при этом обеспечивается слив через гидропанель. Останов ползуна осуществляется также рукояткой при ее среднем положении, когда флажок П не включает ни один из конечных выключателей SQ5 или SQ6.

При снятии усилия с рукоятки пружина 10 возвращает золотник с флажком в верхнее исходное положение, в котором конечный выключатель SQ5 замыкается и подает команду на электрогидроаппараты панели для возвратного хода. При этом рабочая жидкость от насоса подается в штоковую полость 16, поршневая 14 и форсирующая 15 полости цилиндра соединяются со сливом. Ползун движется вверх до конечного выключателя SQ3, который соединяет электрогидроаппараты гидроагрегата на перелив из форсирующей полости в штоковую. Происходит ускоренный ход ползуна вверх до конечного выключателя SQ1, который дает команду на отключение электрогидроаппаратов - ползун останавливается. Насос соединен через гидроаппараты панели со сливом рабочей жидкости в бак.

В наладочном режиме предусматривается двурукое управление, то есть движение ползуна осуществляется при одновременном нажатии рукоятки 4 и кнопки 3 левого пульта.

Движение идет до опускания кнопки 3 или включения конечного выключателя SQ4. При отпускании рукоятки происходит возвратный ход.

- Полуавтоматический режим работы пресса П6330

Исходное положение пресса - ползун вверху. Управление осуществляется от электрокнопок на пультах 2. Режимными

переключателями можно установить следующие варианты кнопочного управления:

- Двухрукое кнопочное управление;
- Однорукое правое кнопочное управление;
- Однорукое левое кнопочное управление;

Ход ползуна при управлении от кнопок осуществляется следующим образом.

На пульте пресса нажимается кнопка "Пуск электродвигателя". По команде от кнопок двух (двухрукое управление) или одной (однорукое управление) подается электрический сигнал на гидроаппараты панели, которые пропускают поток рабочей жидкости от насоса в форсирующую полость 15 цилиндра. Ползун пресса перемещается ускоренно вниз. Рабочая жидкость из штоковой полости 16 сливается в маслобак. Клапан наполнения 22 открыт для свободного заполнения поршневой полости 14 рабочей жидкостью из бака наполнения 21.

При своем ускоренном движении вниз ползун при помощи флажка I включает конечный выключатель SQ2, от которого подается команда на гидроаппараты панели, рабочая жидкость подается в поршневую полость 14 цилиндра, происходит рабочий ход ползуна, так как поток рабочей жидкости поступает в две полости одновременно. Возврат ползуна осуществляется по команде SQ4 или реле времени. При работе с реле времени пресс может осуществлять выдержку под давлением.

При отпускании обеих или одной из кнопок управления подается команда на возвратный ход ползуна. Поршневая полость соединяется со сливом, а штоковая - с насосом, ползун движется вверх с малой скоростью, но с достаточным усилием, чтобы преодолеть сопротивление при разьеме прессформ или других технологических операциях, требующих в начале хода большое усилие. Величина такого перемещения определяется конечным выключателем SQ3. По команде от конечного выключателя SQ3 обеспечивается гидравлическая связь между полостью 15 форсирующего

цилиндра и штоковой полостью 16. Жидкость из полости форсирующего цилиндра поступает в штоковую полость главного цилиндра. Ползун совершает ускоренный возвратный ход до конечного выключателя SQ1, который дает команду на останов ползуна. Насос соединен со сливом рабочей жидкости в маслобак. Система управления в исходном положении.

- Автоматический режим работы пресса П6330

Для работы пресса в автоматическом режиме необходимо режимный переключатель работ на пульте управления поставить в положение "автоматический режим".

При автоматическом режиме работы пресса после нажатия одной или двух кнопок 3, на прессе непрерывно совершаются все те же циклы, которые указаны в разделе 6.3.2. настоящего руководства.

Остановка автоматических циклов осуществляется при нажатии кнопки "Стоп автороботы". При этом все рабочие органы пресса приходят в исходное положение.

- Возможность подключения узлов механизации к прессу П6330

На прессе предусмотрено подключение узлов механизации. Для этого в гидроагрегате предусмотрен отвод потока рабочей жидкости с расходом 6,3 л/мин и давлением до 2,5 МПа (см. руководство к гидроагрегату), а на пульте управления имеется манометр.

В электросхеме также предусмотрены свободные контакты с учетом управления узлами механизации (см. руководство электрооборудования).

[13]

## **Фрезерный станок**

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели 6P13Ф3 рис. 12 шпоночной фрезой рис. 6.

Вертикальный фрезерный станок 6P13Ф3 предназначается для обработки разнообразных деталей сложного профиля из стали, чугуна,

труднообрабатываемых цветных металлов, главным образом торцовыми и концевыми фрезами, сверлами в среднесерийном и мелкосерийном производстве.

Фрезерный станок модели 6P13Ф3-37 оснащен устройством ЧПУ НЗЗ-2М, позволяющим вести обработку изделий в режиме программного управления одновременно по трем координатам: продольной и поперечной (перемещение стола и салазок с обрабатываемой деталью) и вертикальной (перемещение ползуна с инструментом).

Программируемое вертикальное перемещение (координата Z) осуществляется движением ползуна. Консоль фрезерного станка с ЧПУ 6P13Ф3 имеет только установочное перемещение, исключаящее позиционирование и работу в следящем режиме консоли, имеющей значительную массу. Повышается точность обработки, так как в процессе резания консоль всегда зажата.

Станок оснащен следяще-регулируемыми приводами подач с высокомоментными электродвигателями постоянного тока.

Применение следящих регулируемых приводов с двигателями постоянного тока обеспечивает скорость быстрого перемещения стола до 4,8 м/мин и исключает брак детали при контурной обработке в случае отказа привода подач по одной из координат.

Введена централизованная смазка направляющих.

В станке применяется электромеханическое устройство зажима инструмента, обеспечивающее стабильное усилие зажима 2000 кг.

Для выносного оборудования имеется готовая электропроводка со штепсельными разъемами. [14]

Информация об оборудовании:

- для фрезерования шпоночного паза используется вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели 6P13Ф3.
- класс точности станка –Н по ГОСТ 8—82. [15]
- шероховатость обработанной поверхности  $R_z = 20$  мкм.

- категория качества — высшая.

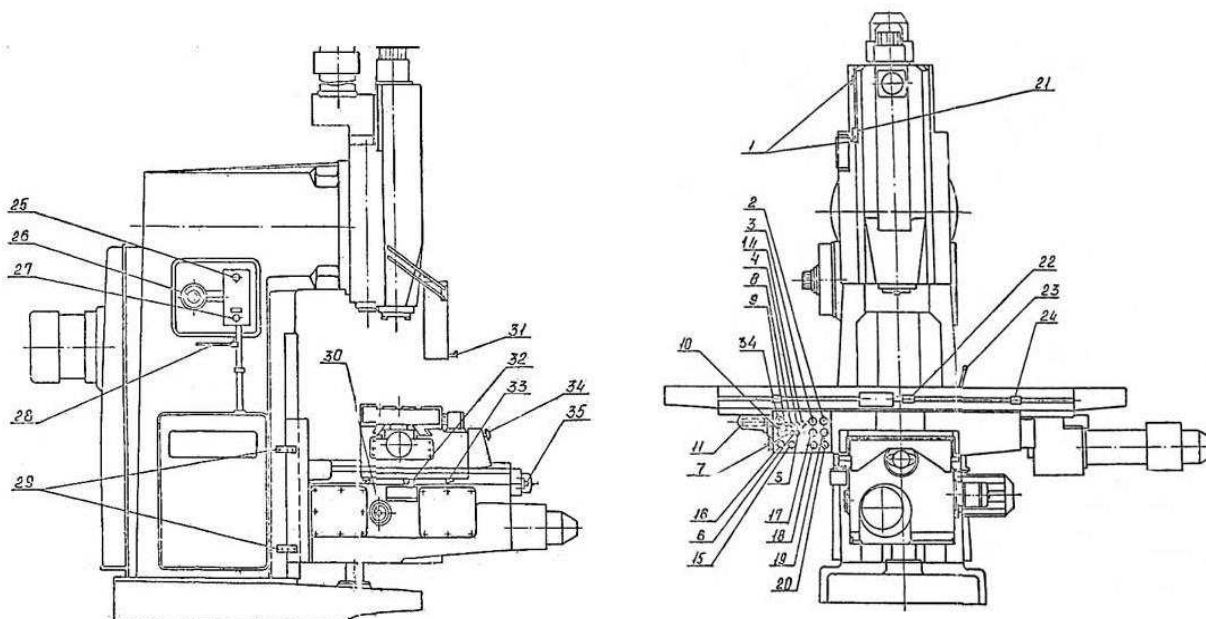


Рисунок 12 – Станок модели 6P13Ф3

### 2.1.3 Инструмент и приспособления

#### Сварка

Установка УДГУ-251 AC/DC предназначена для ручной дуговой сварки покрытым электродом (ММА) и для аргодуговой сварки неплавящимся электродом (TIG) на постоянном (DC) и переменном токе (AC) всех видов металлов и сплавов. Установка обеспечивает бесконтактный поджиг в режиме TIG на переменном и на постоянном токе.

В режимах MMA и TIG установка обеспечивает:

- плавное регулирование величины сварочного тока;
- индикацию сетевого напряжения при включении установки и индикацию отключения установки при тепловой перегрузке;
- возможность выбора одного из режимов сварки MMA-DC, MMA-AC, TIG-DC или TIG-AC.

В режиме TIG установка обеспечивает:

- режимы "длинные швы" или "короткие швы";
  - продувку газового тракта в течение от  $0,2 \pm 0,1$  с до  $8,0 \pm 2,0$  с последующим включением выходного напряжения;
  - регулирование времени плавного нарастания тока в начале сварки в пределах от  $0,1 \pm 0,1$  с до  $10 \pm 3$  с.
  - регулирование плавного снижения тока в конце сварки в пределах от  $0,1 \pm 0,1$  с до  $30 \pm 3,0$  с;
  - регулирование времени подачи газа после сварки в течение от  $0,2 \pm 0,1$  с до  $30 \pm 5$  с;
  - бесконтактный поджиг дуги на постоянном и переменном токе;
  - регулирования очищающей и проплавляющей способности дуги в режиме TIG-AC.
- 1.2. Установка изготовлена по техническим условиям ТУ У 29.4-20732066-095:2007, ДСТУ ІЕС 60974-1:2003 и ISO 9001. [16]

Важнейшим преимуществом аргонодуговой сварки является возможность сварки металла в широком диапазоне толщин (от 0,5 до 60 мм) с полным проплавлением свариваемых кромок и с хорошим формированием обратного валика во всех пространственных положениях. Схема аргонодуговой сварки показана на рис. 13.

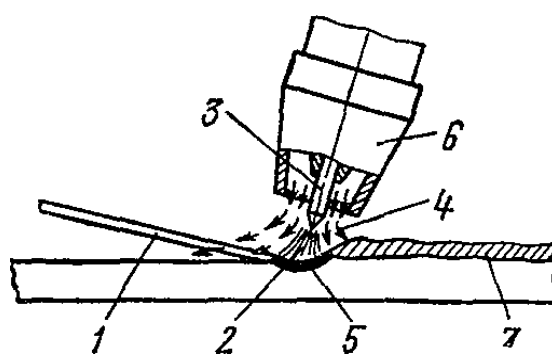


Рисунок 13 – Схема аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом. 1 — присадочная проволока; 2 — электрическая дуга; 3 — вольфрамовый электрод; 4 — защитная струя аргона; 5 — ванна расплавленного металла; 6 — горелка; 7 — сварной шов.



Сварные швы, выполненные аргонодуговой сваркой, обладают хорошим внешним видом, сплошностью и высокими механическими свойствами. Соединения из коррозионно-стойких аустенитных сталей также обладают наиболее высокой по сравнению с другими методами сварки коррозионной стойкостью.

Аргонодуговая сварка сталей производится на постоянном токе при прямой полярности (минус на вольфрамовом электроде). Дуга в аргоне легко зажигается, горит спокойно, и устойчиво. Напряжение дуги ниже, чем в воздухе,— обычно 10—15 В. На прямой полярности вольфрамовый электрод нагревается мало и допустимы высокие плотности тока: например, для электрода диаметром 2 мм сварочный ток может достигать 150 А, для электрода диаметром 3 мм— 180 А.

При аргонодуговой сварке струя аргона хорошо защищает дугу и зону плавления от атмосферы воздуха, благодаря чему почти не происходит выгорания элементов основного и присадочного металлов. Это обстоятельство позволяет производить сварку легированных сталей сварочными проволоками, почти не отличающимися по химическому составу от свариваемых сталей.

Иначе обстоит дело при сварке низкоуглеродистых сталей. В отличие от легированных эти стали хуже раскислены, и применение сварочной проволоки аналогичного со свариваемой сталью химического состава приводит к кипению сварочной ванны и образованию пор в шве. Для предотвращения этого явления и устранения пор при сварке углеродистых сталей необходимо применять сварочные проволоки, легированные достаточным количеством раскисляющих элементов (марганцем, кремнием), например, Св-10ГС, Св-08Г2С и др.

При аргонодуговой сварке используются источники постоянного тока. Для более точного регулирования сварочного тока применяют балластные реостаты. На практике применяют также питание постов аргонодуговой сварки от многопостовых источников тока. В этом случае многопостовой

выпрямитель (ВКСМ-1000, ВДМ-1601) включают на прямую полярность, и от него питаются только аргонодуговые посты.

Для сварки наиболее ответственных трубопроводов АЭС применяются посты аргонодуговой сварки, оборудованные осцилляторами и устройствами дистанционного включения и отключения сварочного преобразователя. Технические данные редукторов для аргона представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические данные редукторов для аргона

Основные параметры	Марка редукторов		
	АР-10	АР-40	АР-150
Расход газа, л/мин:			
по черной шкале (дюза № 1) . .	0,5—2,0	5—14	10—40
по красной шкале (дюза № 2)	25—10	14—40	40—150
Диаметр расходных дюз, мм:			0,8
дюза № 1	0,2	0,55	
дюза № 2	0,4	0,75	1,6

Вольфрамовые прутки, применяющиеся при ручной аргонодуговой сварке, относятся к так называемым неплавящимся электродам. Вольфрам является тугоплавким металлом и обладает высокой электро- и теплопроводностью. Температура его плавления 3377°С, температура кипения — около 5000°С. Вольфрамовые прутки изготавливаются из порошка путем прессования, спекания, проковки и последующего волочения. Во время этих операций происходит сваривание отдельных частиц вольфрама.

В настоящее время для сварки сталей наибольшее применение получили лантанированные и иттрированные вольфрамовые прутки диаметром 2—3 мм марок ВЛ-2, ВЛ-10, ВЛ-15 и СВИ-7, поставляемые по специальным техническим условиям. Добавка к вольфраму небольшого количества лантана и иттрия существенно облегчает зажигание и

поддержание горения дуги, допускает большую плотность тока и увеличивает стойкость самого электрода.

Обычно зажигание дуги при ручной аргонодуговой сварке производится путем короткого замыкания. При этом возможно попадание вольфрама в сварной шов. В тех случаях, когда к сварному шву предъявляются высокие требования по чистоте наплавленного металла, применяется осциллятор, позволяющий зажигать дугу без контакта электрода с изделием.

В качестве защитного газа для ручной дуговой сварки неплавящимся электродом применяется аргон.

По ГОСТ 10157-73[17] аргон для сварки выпускается трех сортов: высший, 1-й и 2-й. В высшем сорте аргона содержится 98,988% по объему, в 1-м — 98,98% и во 2-м — 98,95%. Для сварки на АЭС допускается использование всех сортов аргона.

Аргон поставляется в жидком или в газообразном состоянии в баллонах. В баллоне емкостью 40 л при давлении 150 кгс/см<sup>2</sup> помещается 6000 л или 6м<sup>3</sup> аргона.

Каждый баллон имеет паспорт, в котором указываются сорт аргона, партия, дата наполнения, наименование предприятия — изготовителя аргона.

Началу аргонодуговой сварки предшествует ряд подготовительных операций:

а) вольфрамовый пруток рубится на части, затачивается на конус на длине, равной 3—4 диаметрам прутка (рис. 14), и вставляется в аргонодуговую горелку.

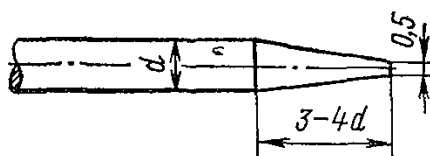


Рисунок 14 – Заточенный вольфрамовый электрод.

Длина части вольфрамового электрода, выступающего из сопла горелки, не должна превышать 3—5 мм. При выдвигании вольфрамового электрода на большую величину надежность защиты аргоном зоны сварки значительно уменьшается;

б) сварочная проволока очищается от загрязнений, масла, ржавчины и рубится на куски длиной 200—300 мм;

в) устанавливаются необходимый сварочный ток на источнике питания дуги и расход аргона на редукторе;

г) продуваются газоподводящие шланги и горелки некоторым количеством аргона. Эта операция делается, чтобы воздух, находящийся в шлангах и горелке, не попал в зону сварки.

Возбуждение дуги обычно выполняется легким касанием конца вольфрамового электрода поверхности свариваемого изделия в разделке. При этом сварщик не должен внести в металл шва включений вольфрама. Подачу аргона в зону сварки начинают за 2—3 с до возбуждения дуги.

Гашение дуги производится путем дистанционного отключения сварочного преобразователя либо постепенным удлинением дугового промежутка. Повторное возбуждение дуги следует производить на ранее наплавленном металле на расстоянии, 20—30 мм от границы его окончания.

[18]

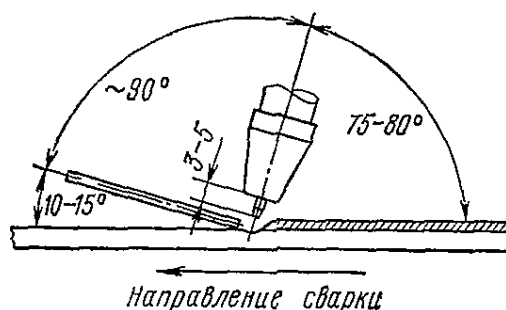


Рисунок 15 – Положение присадочной проволоки и вольфрамового электрода при аргонодуговой сварке.

## Призмы

Для обработки с высокой точностью крупногабаритных деталей для фрезерования в них шпоночных канавок, пазов и лысок удобно закреплять в призмах. Деталь кладется в призму и при помощи индикатора выставляется по продольной поверхности. Призмы закрепляют на столе станка прихватами, а обрабатываемые детали закрепляют в призмах при помощи струбцинок или прихватов.

На рис. 16 показано закрепление детали 2 на двух призмах 3. Призмы установлены на столе станка.

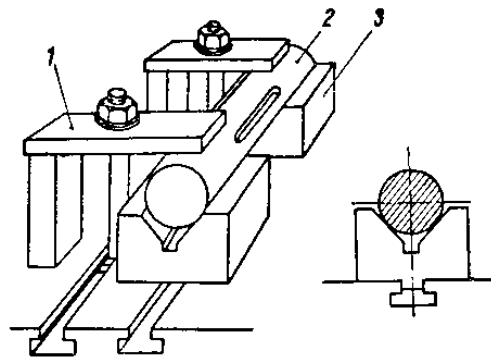


Рисунок 16 – Закрепление детали в призмах

Правильность положения оси каждой призмы обеспечивается сухарем в основании призмы, входящим в паз стола, как показано на рисунке справа. Закрепляют валы при помощи прихватов. Необходимо следить, чтобы прихваты опирались на закрепляемую деталь над призмами во избежание прогиба детали. Под прихваты следует подложить тонкий лист меди или латуни, чтобы не повредить поверхность детали. При закреплении в призмах установочной базой является наружная цилиндрическая поверхность детали. [19]

Призмы изготавливаются из чугуна, либо конструкционной стали. Изготавливаются с высокой точностью 6 квалитет, шероховатость 0,4 мкм.

## Фреза

Информация о режущем инструменте:

- режущий инструмент (фреза) рис. 17 спроектирован по ГОСТ 17025-71[20];
- выполнен из твердого сплава марки *T15K6* по ГОСТ 3882-74[21];
- $D_1 = 4$ ,  $D_2 = 6$ ,  $L_1 = 50$ ,  $L_2 = 6$ .

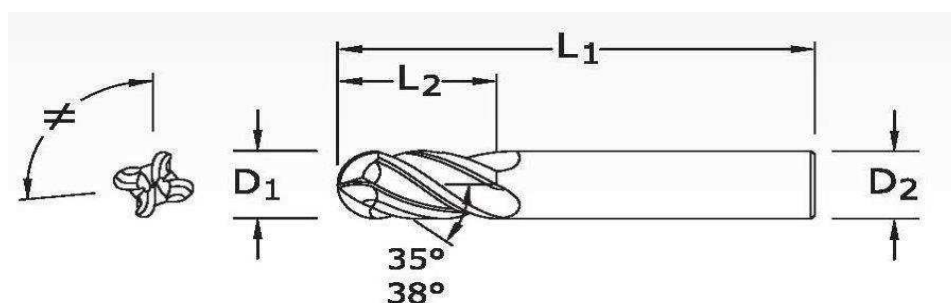


Рисунок 17 – Шпоночная фреза

Необходимо обеспечить, на операции «Вертикально-фрезерная» с ЧПУ, выполнение следующих переходов:

1. Чистовое фрезерование шпоночных пазов. Выдерживать размеры.
2. Базирование цапф необходимо осуществить по круглой цилиндрической поверхности в установочные призмы находящиеся на основании приспособления.
3. Базирование приспособления осуществить по поверхности стола станка, по цилиндрическому центральному отверстию и Т-образному пазу стола станка.
4. Ось шпоночных пазов должна совпадать и быть перпендикулярна оси режущего инструмента.

Исходные данные:

- тип производства - мелкосерийный;
- режим работы оборудования - односменный;
- материал заготовки цапфы – 03X17H14M2;

- размер обработки паза:  $L=400$  мм,  $t = 2$  мм;  
глубина резания  $t = 2$  мм;  
подача на зуб  $S_z = 0,05$  мм/зуб;  
скорость резания  $V = 170,4$  м/мин;  
частота вращения  $n = 4522,3$  об/мин;  
минутная подача  $S_m = 226,1$  мм/мин.

## 2.2 Термообработка

Термообработка сплавов является неотъемлемой частью производственного процесса чёрной и цветной металлургии. В результате такой процедуры металлы способны изменить свои характеристики до необходимых значений.

### *Сущность термической обработки*

В процессе производства полуфабрикаты, металлические детали подвергаются термической обработке для придания им нужных свойств (прочности, устойчивости к коррозии и износу и т. д.). Термическая обработка сплавов – это совокупность искусственно созданных процессов, в ходе которых в сплавах под действием высоких температур происходят структурные и физико-механические изменения, но сохраняется химический состав вещества.

### *Назначение термообработки*

Металлические изделия, которые используются ежедневно в любых отраслях народного хозяйства, должны отвечать высоким требованиям устойчивости к износу. Металл, как сырьё, нуждается в усилении нужных эксплуатационных свойств, которых можно добиться воздействием на него высокими температурами. Термическая обработка сплавов высокими температурами изменяет изначальную структуру вещества, перераспределяет составляющие его компоненты, преобразует размер и форму кристаллов. Всё

это приводит к минимизации внутреннего напряжения металла и таким образом повышает его физико-механические свойства.

### *Виды термической обработки*

Термообработка металлических сплавов сводится к трём незатейливым процессам: нагреву сырья (полуфабриката) до нужной температуры, выдерживанию его в заданных условиях необходимое время и быстрому охлаждению. В современном производстве используется несколько видов термообработки, отличающихся между собой некоторыми технологическими особенностями, но алгоритм процесса в общем везде остаётся одинаковым.

По способу совершения термическая обработка бывает следующих видов:

- Термическая (закалка, отпуск, отжиг, старение, криогенная обработка).
- Термо-механическая включает обработку высокими температурами в сочетании с механическим воздействием на сплав.
- Химико-термическая подразумевает термическую обработку металла с последующим обогащением поверхности изделия химическими элементами (углеродом, азотом, хромом и др.).

### *Закалка*

Закалка – это манипуляция со сплавом, целью которой является достижение мартенситного превращения металл, обеспечивающее понижение пластичности изделия и повышение его прочности. Закалка, равно как и отжиг, предполагает нагрев металла в печи выше критической температуры до температуры закалки, отличие состоит в большей скорости охлаждения, которое происходит в ванне с жидкостью. В зависимости от металла и даже его формы применяют разные виды закалки: Закалка в одной среде, то есть в одной ванне с жидкостью (вода – для крупных деталей, масло – для мелких деталей). Прерывистая закалка – охлаждение проходит два последовательных этапа: сперва в жидкости (более резком охладителе) до температуры приблизительно 300 , затем на воздухе либо в другой ванне с маслом. Ступенчатая – по достижению изделием температуры закалки, его охлаждают какое-то время в расплавленных солях с последующим



охлаждением на воздухе. Изотермическая – по технологии очень похожа на ступенчатую закалку, отличается только временем выдержки изделия при температуре мартенситного превращения. Закалка с самоотпуском отличается от других видов тем, что нагретый металл охлаждают не полностью, оставив в середине детали тёплый участок. В результате такой манипуляции изделие приобретает свойства повышенной прочности на поверхности и высокой вязкости в середине. Такое сочетание крайне необходимо для ударных инструментов (молотки, зубила и др.)

### *Отпуск*

Отпуск – это завершающий этап термической обработки сплавов, определяющий конечную структуру металла. Основная цель отпуска является снижение хрупкости металлического изделия. Принцип заключается в нагреве детали до температуры ниже критической и охлаждении. Поскольку режимы термической обработки и скорость охлаждения металлических изделий различного назначения могут отличаться, то выделяют три вида отпуска:

- Высокий - температура нагрева от 350-600 до значения ниже критической. Данная процедура чаще всего используется для металлических конструкций.
- Средний – термообработка при  $t$  350-500, распространена для пружинных изделий и рессор.
- Низкий - температура нагрева изделия не выше 250 позволяет достичь высокой прочности и износостойкости деталей.

### *Отжиг*

Отжиг – производственный процесс, при котором металлы и сплавы подвергаются нагреванию до заданного значения температуры, а затем вместе с печью, в которой происходила процедура, очень медленно естественным путём остывают. В результате отжига удаётся устранить неоднородности химического состава вещества, снять внутренне напряжение, добиться зернистой структуры и улучшить её как таковую, а

также снизить твёрдость сплава для облегчения его дальнейшей переработки. Различают два вида отжига: отжиг первого и второго рода.

Отжиг первого рода подразумевает термическую обработку, в результате которой изменения фазового состояния сплава незначительны или отсутствуют вовсе. У него также есть свои разновидности: гомогенизированный – температура отжига составляет 1100-1200 , в таких условиях сплавы выдерживают в течение 8-15 часов, рекристаллизационный (при  $t$  100-200 ) отжиг применяется для клёпаной стали, то есть деформированной уже будучи холодной.

Отжиг второго рода приводит к значимым фазовым изменениям сплава. Он также имеет несколько разновидностей:

- Полный отжиг – нагрев сплава на 30-50 выше критической температурной отметки, характерной для данного вещества и охлаждения с указанной скоростью (200 /час – углеродистые стали, 100 /час и 50 /час – низколегированные и высоколегированные стали соответственно).
- Неполный – нагрев до критической точки и медленное охлаждение.
- Диффузионный – температура отжига 1100-1200.
- Изотермический – нагрев происходит так же, как при полном отжиге, однако после этого проводят быстрое охлаждение до температуры несколько ниже критической и оставляют остывать на воздухе.
- Нормализованный – полный отжиг с последующим остыванием металла на воздухе, а не в печи.

### *Старение*

Старение – это термическая обработка сплавов, обуславливающая процессы распада пересыщенного металла после закалки. Результатом старения является увеличение пределов твёрдости, текучести и прочности готового изделия. Старению подвергаются не только чугун, но и цветные металлы, в том числе и легко деформируемые алюминиевые сплавы. Если металлическое изделие, подвергнутое закалке выдержать при нормальной

температуре, в нём происходят процессы, приводящие к самопроизвольному увеличению прочности и уменьшению пластичности. Это называется естественное старение металла. Если эту же манипуляцию проделать в условиях повышенной температуры, она будет называться искусственным старением.

### *Криогенная обработка*

Изменения структуры сплавов, а значит, и их свойств можно добиться не только высокими, но и крайне низкими температурами. Термическая обработка сплавов при  $t$  ниже нуля получила название криогенной. Данная технология широко используется в самых разных отраслях народного хозяйства в качестве дополнения к термообработкам с высокими температурами, поскольку позволяет существенно снизить расходы на процессы термического упрочнения изделий. Криогенная обработка сплавов проводится при  $t$  -196 в специальном криогенном процессоре. Данная технология позволяет существенно увеличить срок службы обработанной детали и антикоррозионные свойства, а также исключить необходимость повторных обработок. [22]

### 3 Экспериментальные исследования

Особое внимание в данной главе уделяется определению химического состава полоза скелетона, определению рентгенофазового анализа.

Выбор марки стали для изготовления полоза, определение твердости и шероховатости.

Также разработка пуансона и матрицы для гибки полоза и выбор оборудования для сварки.

Выбран режим термической обработки.

#### 3.1 Элементный состав материала полозьев

Для определения элементного состава материала полозьев был приготовлен образец в виде сегментов стружки, общий вид которого представлен на рис. 18, 19, 20. Элементный состав спектров характеристического рентгеновского излучения (ХРИ) получен на 3-х полях на увеличениях x370, x500, x600 и количественно представлен в табл. 4, 5, 6.

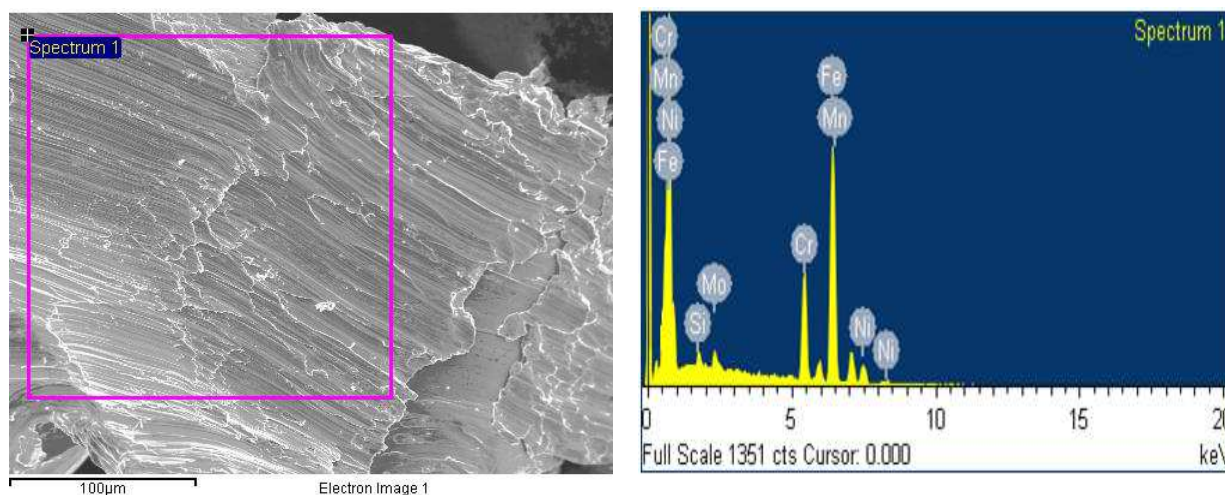


Рисунок 18 – Электронно-микроскопическое изображение образца, x370 (a) и спектр характеристического рентгеновского излучения, полученный с площади образца (site 1)

Таблица 4 – Элементный состав образца, полученный с площади (site 1)

Химический элемент	Количество, вес %	Количество, атомн. %
Si K	1.1	1.51
Cr K	17.69	18.91
Mn K	2.29	2.31
Fe K	63.5	63.41
Ni K	12.73	12.3
Mo L	2.69	1.56
Всего	100.00	

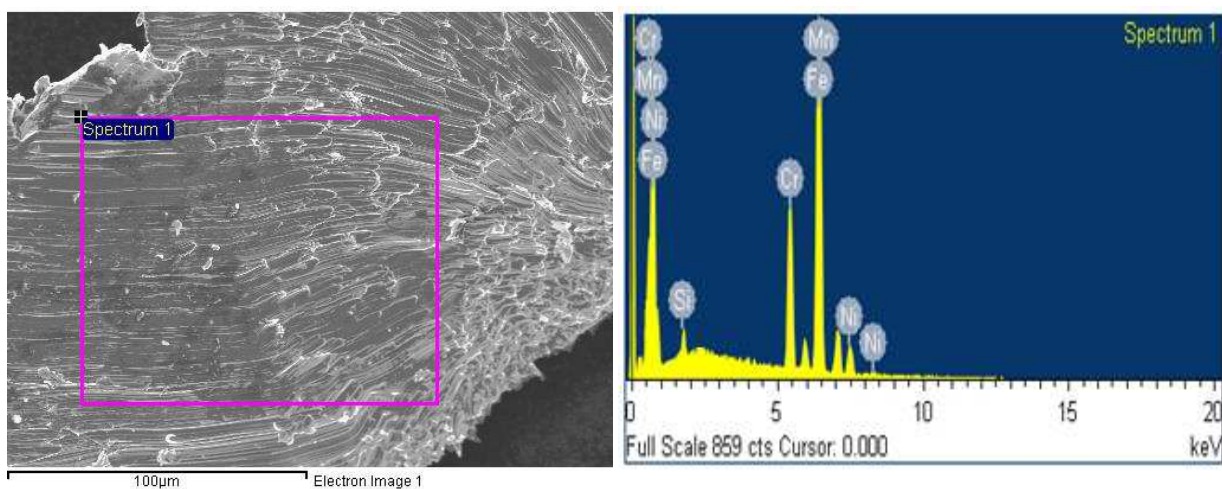


Рисунок 19 – Электронно-микроскопическое изображение образца, х600 (а) и спектр характеристического рентгеновского излучения, полученный с площади образца (site 2)

Таблица 5 – Элементный состав образца, полученный с площади, site2

Химический элемент	Количество, вес %	Количество, атомн. %
Si K	1.39	1.44
Cr K	18.27	18.51
Mn K	2.2	2.29
Fe K	65.68	64.82
Ni K	12.46	12.94
Всего	100.00	

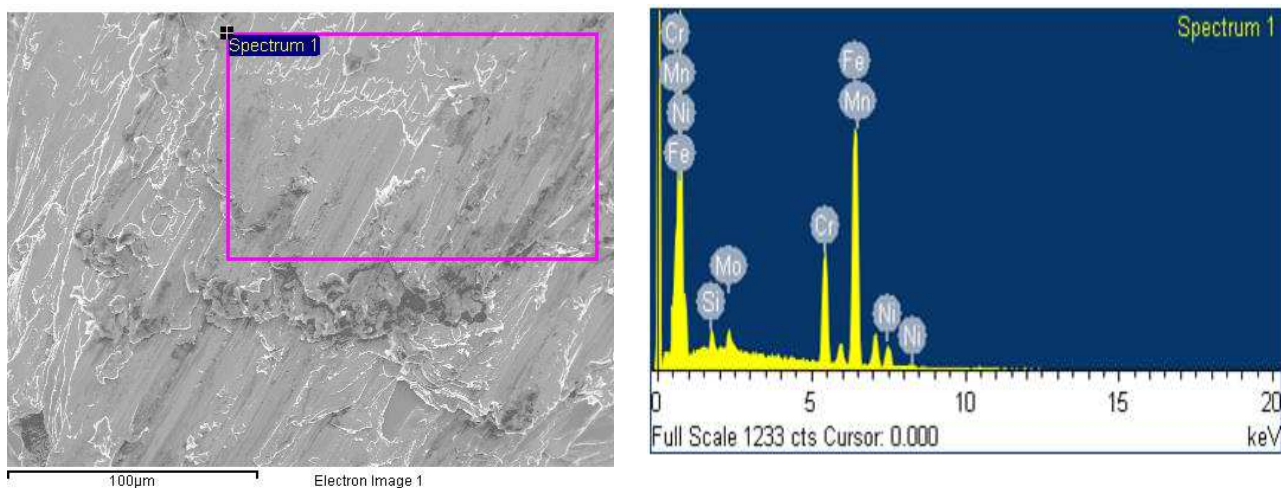


Рисунок 20 – Электронно-микроскопическое изображение образца, x500 (а) и спектр характеристического рентгеновского излучения, полученный с площади образца (site 3)

Таблица 6 – Элементный состав образца, полученный с площади, site3

Химический элемент	Количество, вес %	Количество, атомн. %
Si K	1.65	1.68
Cr K	17.41	18.57
Mn K	2.13	1.88
Fe K	63.07	62.72
Ni K	13.11	13.54
Mo K	2.63	1.61
Всего	100.00	

Анализ состава материала полоза, полученный по трем полям, показал наличие Fe, Cr, Ni, Si, Mn. Это позволяет сделать вывод, что это нержавеющая аустенитная сталь (около 10 вес. % Ni) с содержанием около 16 вес. % Cr.

### 3.2 Рентгенофазовый анализ материала полоза

Для определения фазового состава металла провели рентгенофазовый анализ (РФА) на рентгеновском дифрактометре D8 Advance (Bruker). Начальный угол сканирования  $2\theta = 20^\circ$ , конечный -  $100^\circ$ , сканирование проведено с шагом  $0,007^\circ$ . Фазовый состав карбида железа представлен в таблице 7.

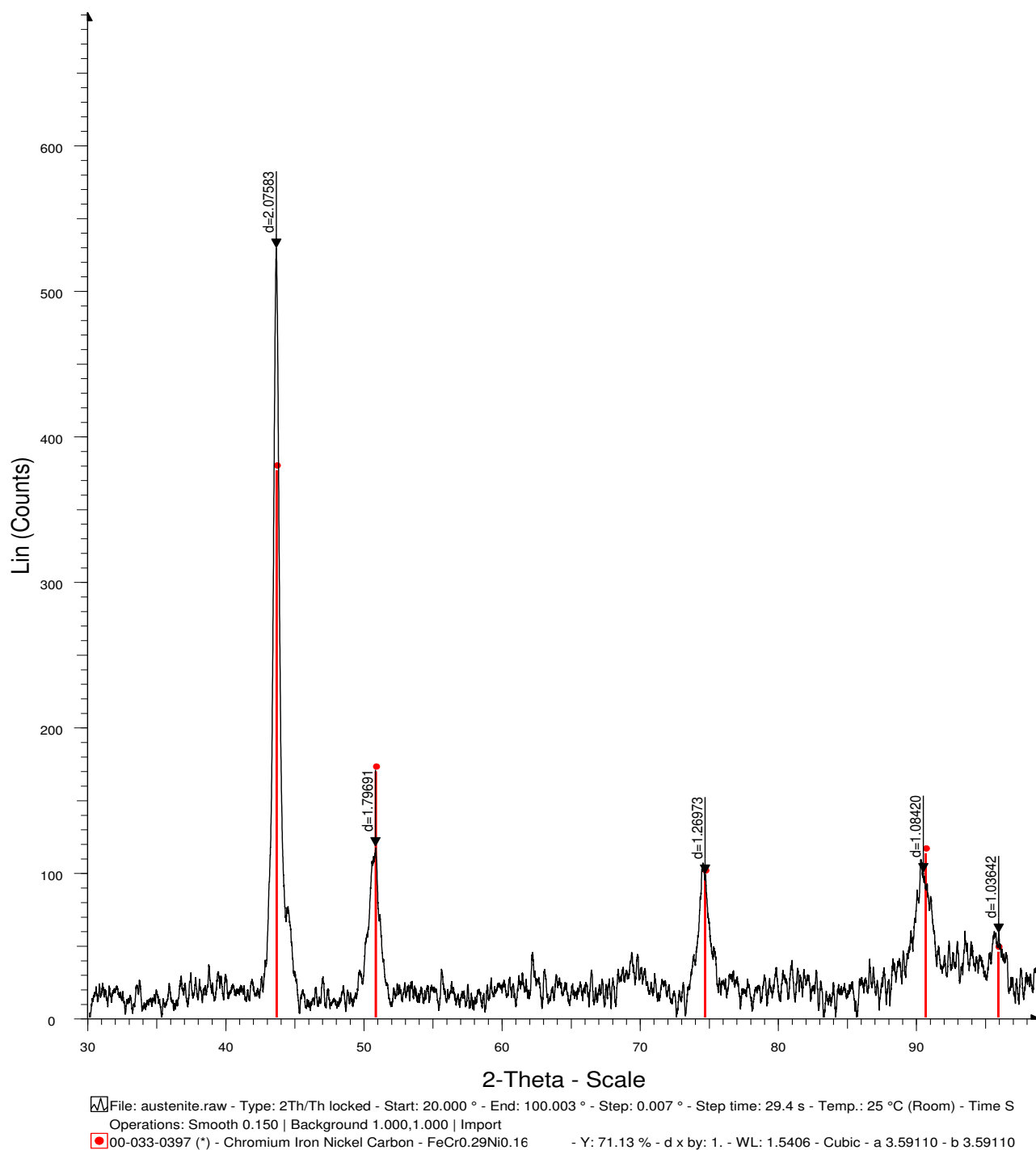


Рисунок 21 – Дифрактограмма хромоникелевого сплава

Таблица 7 – Фазовый состав хромоникелевого сплава

Caption	Legend	Angle $d$ value	Intensity	Intensity %	h	k	l
	2-Theta $^{\circ}$	Angstrom	Count	%			
d=2.07583	43.565	2.07583	531	100.0	1	1	1
d=1.79691	50.768	1.79691	118	22.3	2	0	0
d=1.26973	74.698	1.26973	99.4	18.7	2	2	0
d=1.08420	90.548	1.08420	100	18.9	3	1	1
d=1.03642	96.015	1.03642	58.7	11.1	2	2	2

Pattern : 00-03 ?		Radiation = 1.540598		Quality : High		
FeCr <sub>0.29</sub> Ni <sub>0.16</sub> C <sub>0.06</sub>		2 $\theta$	i	h	k	l
Chromium Iron Nickel Carbon Also called: 304-stainless steel, austenite		43.583	100	1	1	1
		50.792	45	2	0	0
		74.699	26	2	2	0
		90.697	30	3	1	1
		95.988	12	2	2	2
		118.161	3	4	0	0
Lattice : Face-centered cubic		Mol. weight = 81.04				
S.G. : Fm-3m (225)		Volume [C <sub>0</sub> ] = 46.31				
a = 3.59110		Dk = 11.623				
Z = 4						
General Comments: Austenitic steel. Synthetic taenite is "Ni-"Fe" rich analog. Analysis: Quantitative analysis by Atomic Absorption Spectroscopy: chromium 17.9%, nickel 11.4%, molybdenum <0.01%, silicon 0.88%, analysis incomplete. Color: Black. Data collection flag: Ambient.						
Pfoertsch, Ruud, Penn State University, University Park, Pennsylvania, USA., ICDD Grant-in-Aid (1982)						
Radiation : CuK $\alpha$		Filter : Monochromator crystal				
Lambda : 1.54188		d-sp : Diffractometer				
SS/FOM : F6= 56(0.0170,6)						

Рисунок 22 – Источник съемки состава хромоникелевого сплава



Также определены межплоскостные расстояния:

$$d=2.07583$$

$$d=1.79691$$

$$d=1.26973$$

$$d=1.08420$$

$$d=1.03642$$

В результате проведенного анализа выявлена аустенитная фаза: FeCr<sub>0.29</sub>Ni<sub>0.16</sub>.

### **3.3 Микротвердость и шероховатость**

При измерении твердости алмазным конусом определенного диаметра и установленными нагрузками нет необходимости проводить расчет по формулам. На практике используется заранее составленными таблицами, указывающими число НВ от диаметра отпечатка.

Из показаний прибора видим, что образец показал следующие данные: HRC = 24-26, по Бринеллю НВ составило 241-255.

Результат поверхности бегунка показал низкую шероховатость, как показано на рис. 23. Средняя шероховатость составила 9 нм и пик-к-долины шероховатости 118 нм.

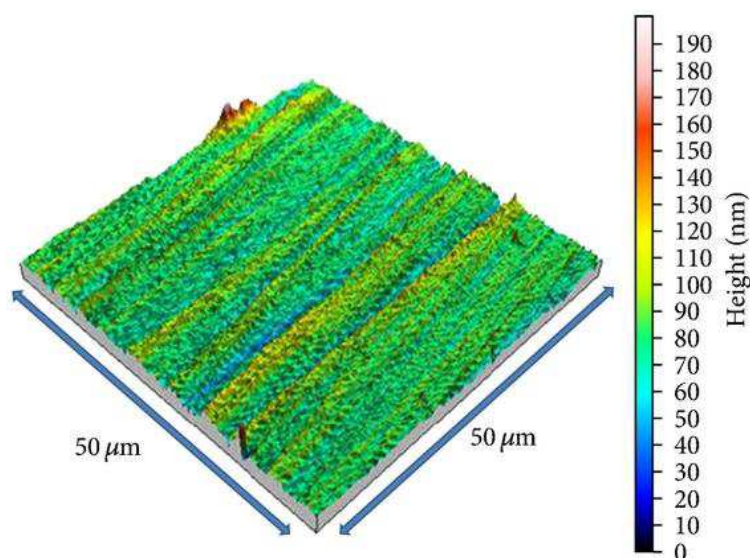


Рисунок 23 – Шероховатость полоза

### 3.4 Определение марки стали полоза

Анализ результатов спектрального и рентгенофазового анализов позволяет предположить, что это нержавеющая хромоникелевая сталь аустенитного класса, легированная молибденом и с пониженным содержанием углерода. Марка стали обозначается 03X17H14M2.

Нержавеющая хромоникелевая сталь аустенитного класса, легированная молибденом и с пониженным содержанием углерода. Химический состав в % и режимы термической обработки, предел текучести и физические свойства представлен в таблице 8, 9, 10, 11.

Обозначение по другим нормам EN 10088-3: 1.4435 / X2CrNiMo18-14-3

- AISI: 316L JIS: 316
- DIN: 1.4435
- AFNOR: Z3CND17-12-03/Z3CND18-14-03
- SIS: 2353
- BS: 316S11, 316S13, 316S31
- ГОСТ: 03X17H14M2

Таблица 8 – Химический состав 03X17H14M2 в %

C	SI	Mn	P	S	N	Cr	Mo	Cu	Ni max
≤0,03	≤1,0	≤2,0	≤0,045	≤0,030	≤0,11	17,0- 19,0	2,5- 3,0	-	12,5- 15,0

**Сортамент:**

- Квадратная непрерывнолитая заготовка: 138 мм, 150 мм, 205 мм, 265 мм
- Прямоугольная непрерывно-литая заготовка: 475x340 мм
- Сортопрокатная квадратная заготовка: 50 – 320 мм
- Круглая катанка: 4,5 – 32 мм
- Шестигранная катанка: 12,4 – 28 мм
- Г/к круг: 7 – 250 мм
- Г/к квадрат: 50 – 160 мм
- Г/к шестигранник: 2 – 57 мм
- Калиброванный круг: 0,8 – 130 мм
- Калиброванный квадрат: 2 – 50 мм
- Калиброванный шестигранник: 2 – 55 мм
- Круглая проволока: 13 мкм – 22 мм
- Профильная проволока: 1 – 60 мм<sup>2</sup>
- Кованый круг: 65 – 700 мм
- Кованый квадрат: 50 – 750 мм

**Особые свойства:**

- Немагнитная сталь ( $\mu < 1,1$ ).
- Может применяться при низких температурах.
- Может применяться до 500-700°C.

**Возможные виды обработки для стандартного исполнения:**

- На автоматических линиях: относительно или только в специальном исполнении

- Обработка со снятием стружки: да
- Свободная ковка и горячая штамповка: да
- Холодное деформирование: редко
- Холодная высадка: относительно (лучше всего в специальном исполнении)
- Полирование: да

### Основные области применения:

- Химическая промышленность
- Электроника
- Нефтяная промышленность
- Медицина и фармацевтика

### Термообработка и механические свойства:

Закалка с отпуском: закалка при 1000 – 1100 °С с последующим резким охлаждением на воздухе или в воде.

Таблица 9 – Режимы термической обработки

Режим т/о	Диам. мм	Предел прочности Rm Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести Rp0,2 Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение A5%	Работа удара KCV, Дж	Твёрдость, НВ
1.4435 EN 10088-3, 1995 для г/к прутка, обточенного, k13						
Закалка с отпуском		650 – 850	≥ 300	≥ 40	≥ 100	≤ 250
1.4435 EN 10088-3, 1995 для х/т прутка со спец.отделкой поверхности						
Закалка с отпуском и нагартовка	≤ 10	600 – 950	≥ 400	≥ 25 (прод.)	-	

Продолжение таблицы 9

	$10 < \varnothing \leq 16$	600 – 950	$\geq 400$	$\geq 25$ (прод.)	-	
	$16 < \varnothing \leq 40$	500 – 850	$\geq 235$	$\geq 30$ (прод.)	$\geq 100$ (прод.)	
	$40 < \varnothing \leq 63$	500 – 850	$\geq 235$	$\geq 30$ (прод.)	$\geq 100$ (прод.)	
	$63 < \varnothing \leq 160$	500 – 700	$\geq 235$	$\geq 40$ (прод.)	$\geq 100$ (прод.)	
	$160 < \varnothing \leq 250$	500 – 700	$\geq 235$	$\geq 30$ (попер.)	$\geq 60$ (попер.)	
1.4435 EN 10088-3, 1995 для проволоки (2H) после закалки с отпуском и нагартовки						
+C500	500 – 700					
+C600	600 – 800					
+C700	700 – 900					
+C800	800 – 1000					
+C900	900 – 1100					
+C1000	1000 – 1250					
+C1100	1100 – 1350					
+C1200	1200 – 1450					
+C1400	1400 – 1700					
+C1600	1600 – 1900					
+C1800	1800 – 2100					
1.4435 EN 10088-3, 1995 для проволоки (2D). После дрессирования (т.е. уменьшения площади сечения менее чем на 5%) максимальный предел прочности может лежать на 50 МПа выше.						
Закалка с отпуском и нагартовка	$0,05 < \varnothing \leq 0,10$	$\leq 1100$		$\geq 20$		
	$0,10 < \varnothing \leq 0,20$	$\leq 1050$		$\geq 20$		
	$0,20 < \varnothing \leq 0,50$	$\leq 1000$		$\geq 30$		
	$0,50 < \varnothing \leq 1,0$	$\leq 950$		$\geq 30$		

Окончание таблицы 9

	1,0 < Ø ≤ 3,0	≤ 900		≥ 30		
	3,0 < Ø ≤ 5,0	≤ 850		≥ 35		
	5,0 < Ø ≤ 16,0	≤ 800		≥ 35		

Таблица 10 – Минимальные значения предела текучести Rp0,2 и Rp1,0 при повышенных температурах после закалки с отпуском

	100°C	150°C	200°C	250°C	300°	350°C	400°C	450°C	500°C	550°
Rp0,2	165	150	137	127	119	113	108	103	100	98
Rp1,0	200	180	165	153	145	139	135	130	128	127

Таблица 11 – Физические свойства

Удельный вес при t = 20°C:	7980 кг/м3
Плотность:	7980 кг/м3
Удельное электрическое сопротивление при t = 20°C:	750 мкΩ.мм
Теплопроводность:	15 Вт/м. °С
Удельная теплоёмкость при 20°C (Дж/кг К):	500
Магнитная восприимчивость:	низкая
Средние коэффициенты теплового расширения:	20 - 100 °С 16,0 • 10-6 м/м • °С 20 - 200 °С 16,5 • 10-6 м/м • °С 20 - 300°C 17,0 • 10-6 м/м • °С 20 - 400 °С 17,5 • 10-6 м/м • °С 20 - 500 °С 18,0 • 10-6 м/м • °С

Коррозионная стойкость:

Отличные коррозионные свойства стали проявляются в естественных средах (вода, сельские и городские условия), в промышленных зонах с умеренным присутствием в среде концентрированных хлора и солей, также в пищевом секторе агропромышленного хозяйства. Также эта сталь устойчива к различным кислотным средам. Так как эта сталь и в состоянии поставки и в сварном состоянии устойчива к межкристаллитной коррозии, то для неё достаточны следующие методы контроля: AFNOR NF 05-159; ASTM A262-75. Practice E; DIN 50914. Более высокое содержание молибдена по сравнению со сталью 03X17H14M2 делает 1.4435 более устойчивой к восстанавливающим кислотам и хлорсодержащим средам.

#### Ковкость:

Необходим предварительный нагрев до 1150 - 1180°C, ковочные работы следует проводить в диапазоне 1180 - 950 °С с последующим быстрым охлаждением на воздухе или в воде, чтобы избежать возникновения нежелательных фаз, которые могут понизить коррозионную стойкость и механические свойства.

#### Свариваемость:

Сталь 03X17H14M2 сваривается любым способом. Если необходимо применять присадочные материалы, то рекомендуем применять E316L (электроды с покрытием), ER316L (ручная сварка TIG), ER316LSi (TIG/MIG) или Novonit® 4430. Максимальная температура 150 °С. Проводить термообработку после сваривания не требуется, и даже большие размеры благодаря низкому содержанию углерода сохраняют после сварки устойчивость к межкристаллитной коррозии. Окалину и цвет побежалости, которые возникают при высоких температурах, должны быть механически или химически удалены, после чего следует провести пассивирование, чтобы добиться изначальной коррозионной стойкости.

### **4 Технология изготовления**

#### **4.1 Гибка полоза**

Для гибки полоза необходимо разработать матрицу и пуансон и посчитать усилие, которое необходимо приложить для гибки полоза.

Гибка полоза осуществляется при помощи разработанного штампа. Штамм состоит из матрицы и пуансона. Матрица и пуансон изображены на рис. 24 мы изготовили из стали X12 ГОСТ 5950-63 [23].

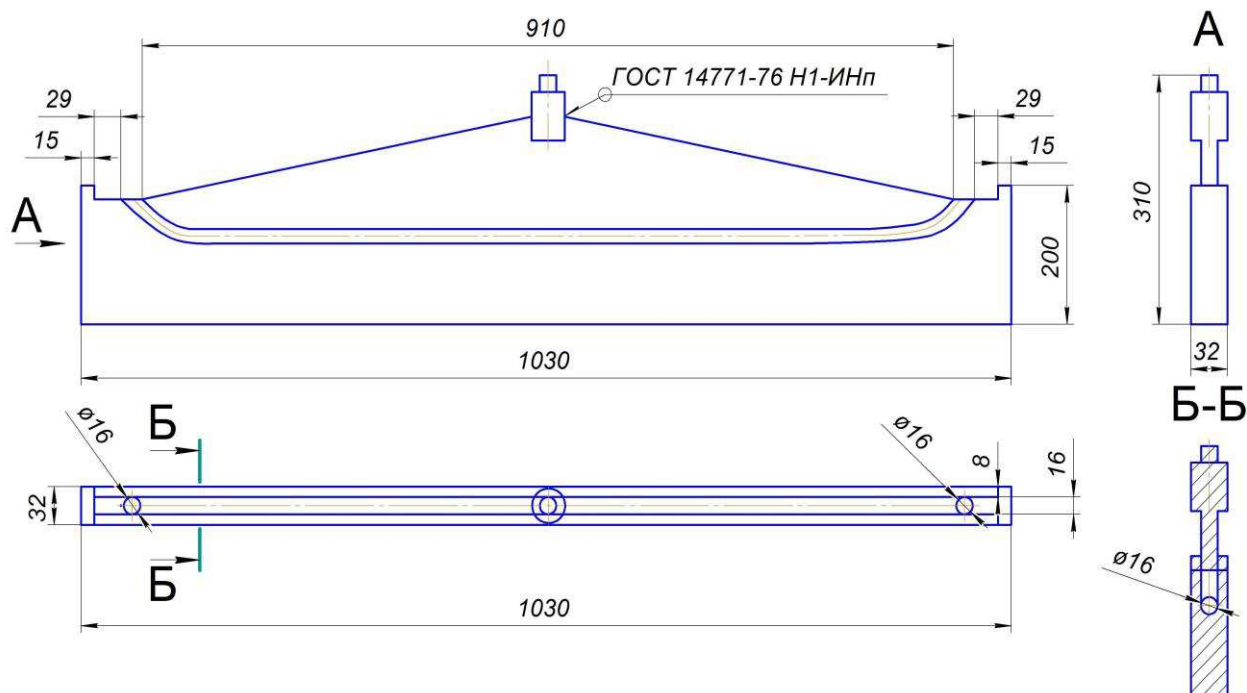


Рисунок 24 – Матрица и пуансон

Для расчета усилия гибки воспользуемся основной формулой:

$$F = \frac{1,42 \cdot TS \cdot S^2 \cdot L}{1000 \cdot V} \quad (1)$$

Где  $F$  – общее необходимое усилие для осуществлениягиба (усилие, тоннаж);

$S$  – толщина материала для гибки (мм);

$V$  – открытие матрицы (мм);

$L$  – основная длина гибки детали (мм);

$TS$  – предел прочности материала детали для гибки (кгс/мм<sup>2</sup>);

$$F = \frac{1,42 \cdot 68,8 \cdot 16^2 \cdot 16}{1000 \cdot 224} = 1,78 \text{ т.} \quad (2)$$

Исходя из расчета видно, для изгиба полоза необходимо приложить усилие в 1,78 тонны.



## **4.2 Термообработка**

При пластической деформации в изделии неизбежно возникает внутреннее напряжение, которое сказывается на эксплуатационных свойствах.

Изделия из хромоникельмолибденовых сталей, для снятия остаточных напряжений и предотвращения коррозионного растрескивания, могут подвергаться термической обработке по требованию.

Для устранения недостатков необходимо выполнить термическую обработку для снятия внутреннего напряжения.

Изделия из стали подвергают закалке для того, чтобы повысить общую коррозионную стойкость и пластичность, устранить склонность к межкристаллитной коррозии.

Закалку проводят по режиму: нагрев до 1050 - 1100 °С (для стали 03X17H14M2 до 1100 - 1120 °С), охлаждение в воде или на воздухе.

Время выдержки при нагреве под закалку для изделия с толщиной стенки 16 мм = 16-18 мин.

Изделия с толщиной стенки свыше 10 мм следует охлаждать в воде. Сварные изделия сложной конфигурации во избежание поворотов следует охлаждать на воздухе.

Термообработку не сварных изделий для снятия внутренних напряжений и предотвращения коррозионного растрескивания следует проводить по следующему режиму: нагрев до  $900 \pm 10$  °С, выдержка 30 мин, охлаждение на воздухе.

## **4.3 Сварка крепежных блоков**

Для закрепления полоза к саням к полозу приваривают крепежные блоки с двух концов из конструкционной углеродистой стали марки 45 рис. 25.

Для изготовления данных блоков необходимо провести множество операций.

Приобретается металлопрокат ГОСТ 1050-88 [24] Размером 30х30. Для придания необходимой формы необходимо обработать крепежные блоки на фрезерном станке модели 6Р13Ф. Данная операция необходима для того, чтобы блоки были ровными и подготовлены к сварке с полозом.

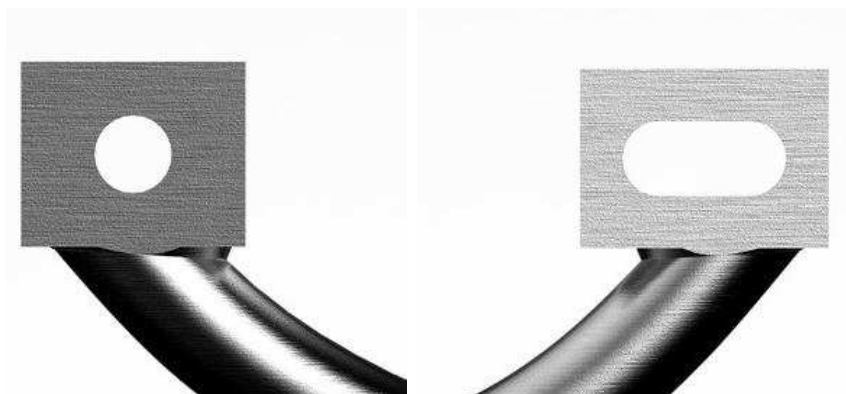


Рисунок 25 – Крепежные блоки

Крепежные блоки привариваются аргодуговой сваркой с неплавящимся электродом.

Оборудование для сварки неплавящимся электродом использовали TIG сварочные УДГУ-251, АС/DC, (именуемые в дальнейшем "установка"), предназначены для ручной (ММА) и для аргодуговой сварки (TIG) на постоянном (DC) и переменном токе (AC) всех видов металлов и сплавов.

Для того чтобы в результате аргодуговой сварки изделий получило качественное и надежное соединение, необходимо правильно подготовить поверхность.

Кромки соединяемых заготовок зачищаются до металлического блеска шлифовальной машинкой. После обезжиривается ацетоном для обеспечения устойчивости дуги и повышения качества сварного шва.

Электрод и сопло используем для сварки нержавеющей стали рекомендуется применять ЭВЧ который уменьшает расход электрода и повышает стабильность горения дуги.

ЭВЧ - вольфрамовый электрод чистый.

Диаметра вольфрамового электрода выбираем и 6 мм. Сварочный ток выбирается в соответствии с диаметром электрода. Постоянный ток прямой полярности, 350 – 450 А. Переменный ток без постоянной составляющей, 250 – 350 А. Сварочную проволоку используем из таблицы 12.

Таблица 12 – Сварочная проволока

Сварочная проволока: марка, описание	Классификация	Типичный хим. состав наплавленного металла	Типичные механические свойства металла шва
<p>OK Autrod 308LSi (OK Autrod 16.12) Коррозионностойкая хромоникелевая сварочная проволока для сварки аустенитных нержавеющей сталей с содержанием хрома ~18% и никеля ~ 8% типа 03X17H14M2, 03X18H11, 06X18H11, 08X18H10T, 12X18H10T, 304 и т.п. в среде защитных газов (Ar). Наплавленный металл 308 L Si обладает высокой коррозионной стойкостью. Незначительное содержание углерода</p>	<p>ER 308L Si / AWS A5.9 G 19 9 L Si / EN 12072 Аналог проволок: Св.-06X19H9T, Св.-01X18H10, Св.-01X19H9</p>	<p>C &lt; 0,03 Si 0,8 Mn 1,7 Cr 20,0 Ni 10,0</p>	<p>Предел текучести 370 МПа Предел прочности 620 МПа Удлинение 36% KCV +20°С 110 Дж - 60° С 90 Дж -196° С 60 Дж</p>

## Окончание таблицы 12

<p>снижает риск возникновения межкристаллической коррозии , а наличие кремния обеспечивает высокое качество шва.</p> <p>Проволока применяется в пищевой промышленности, нефтехиммашиностроении для изготовления трубопроводов, емкостей, бойлеров и т.п..</p> <p>Ток = (+).</p>			
---	--	--	--

Крепежные блоки привариваем к ползьям при помощи таврового соединения, так как торец одного крепежного блока приваривается к поверхности полза. Соединение выполнено угловым швом, он характеризуется простотой, высокой прочностью и экономичностью. Сварной шов выполнен по замкнутой линии. Для приваривания крепежных блоков к ползу скелетона необходимо использовать кондуктор, он обеспечивает надежное фиксирование полза с крепежными блоками и помогает выставить нужное положение для сварки. Кондуктор для сварки представлен на рисунке 26.

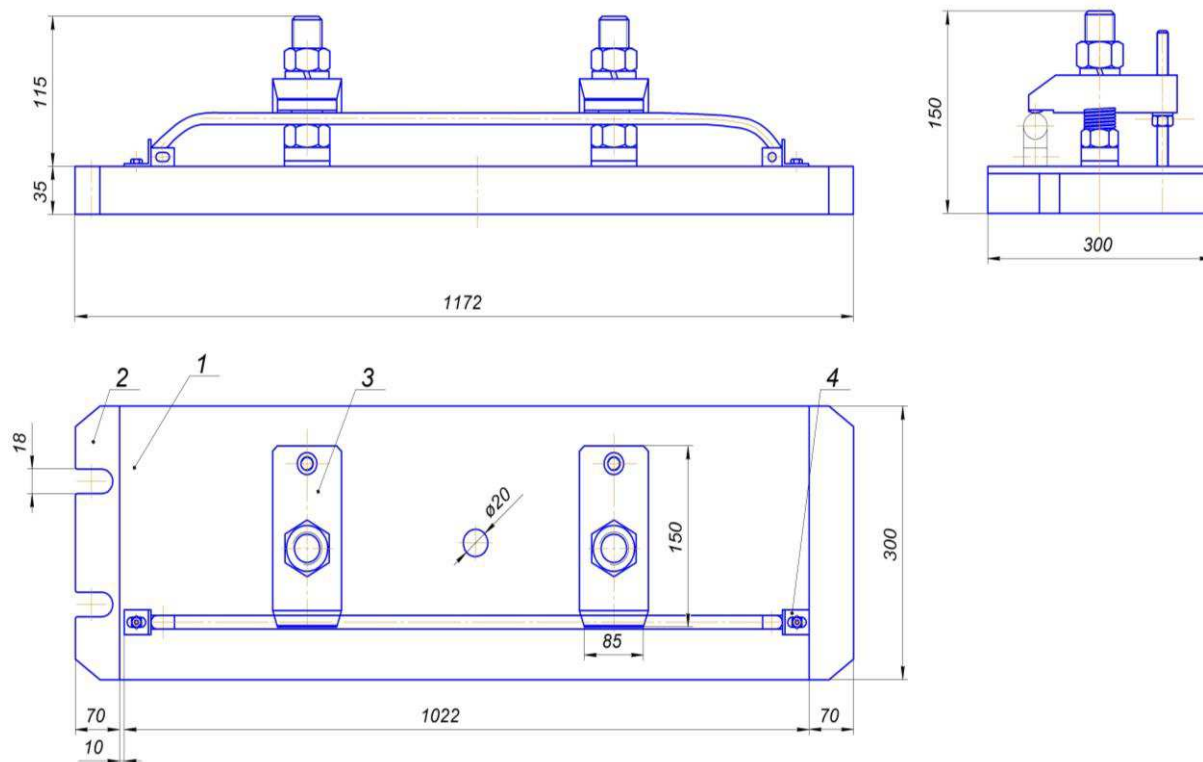


Рисунок 26 – Кондуктор для сварки

#### 4.4 Фрезеровка полоза и крепежных блоков

Крепежные блоки – марка стали 45 относится к конструкционным углеродистым качественным сталям. Благодаря высокой выносливости и терпимости к значительным перепадам температуры, сталь 45 применяется при производстве коленчатых и распределительных валов, шестерни, шпиндели, бандажи, цилиндры, кулачки и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность. Химический состав представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Химический состав сталь 45 в %

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050-88									
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As	N
0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	≤0,040	≤0,035	≤0,25	≤0,30	≤0,30	≤0,08	≤0,008

Фреза движется от начала до середины полоза, длина составляет 400 мм. На полозе необходимо профрезеровать две канавки глубиной до 2 мм. с уклоном в  $70^\circ$  с каждой стороны.

Обработка крепежных блоков на фрезерном станке осуществляется таким же способом, что и сам полз. Крепежные блики фиксируются прижимными устройствами к фрезерной плите и происходит обработка углов и высверливание отверстий в блоках. Данные отверстия служат для фиксации полоза к саням. Установка для фрезерования представлена на рис. 27.

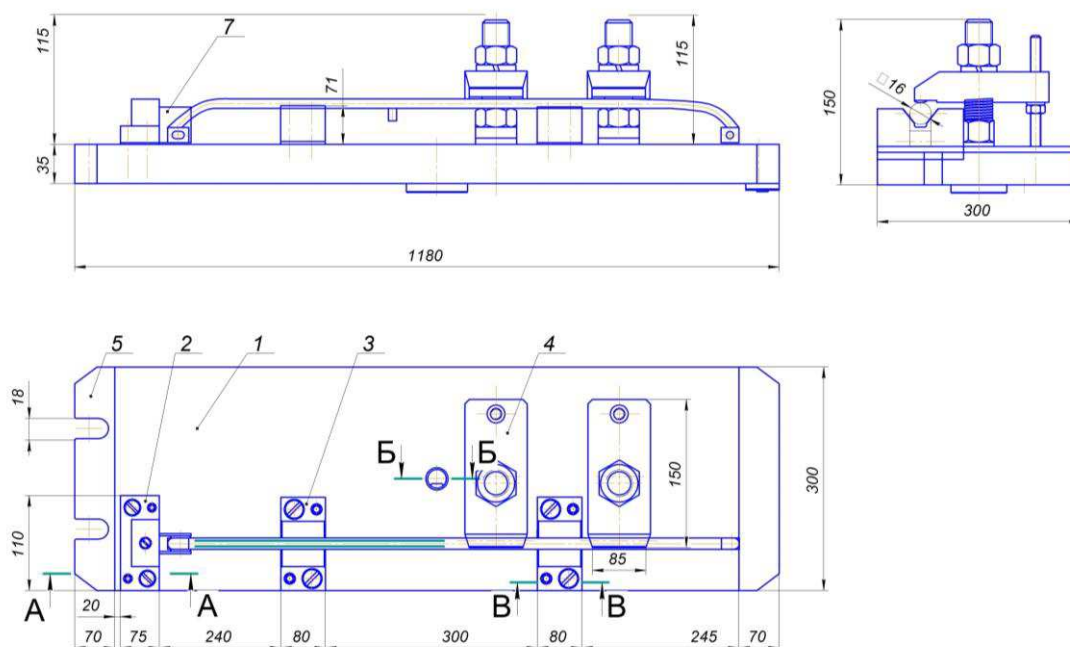


Рисунок 27 – Матрица и пуансон

## 5 Экономическая часть: расчет стоимости ползьев скелетона

На сегодняшний день ползья скелетона можно приобрести на рынке зарубежного производителя от 450 фунтов стерлингов. Учитывая на сегодняшний день курс, установленный Центральным Банком Российской Федерации, это 37802 рубля за один полз. Два полза обойдутся в 75604 рублей, и это только тренировочные ползья без марки FIBT, на которых

выступают спортсмены на соревнованиях. Полозья с маркой FIBT будет стоить в 2 раза дороже. Цена указана без учета доставки.

Полозья, которые предлагаются в магистерской диссертации, обойдутся гораздо дешевле.

Расчет производится: 20 пар полозьев в год.

Пруток круглый 1 метр диаметром 16 мм. из стали 03X17H14M2 стоит 400 рублей за 1 килограмм.

Для пары полозьев потребуется 3 кг.

Учитывая все процессы изготовления полоза скелетона, начиная от гибки и заканчивая полировкой, можно предположить, что средняя цена пары полозьев произведенных в России может составить примерно 15700 рублей.

Разработка матрицы и пуансона – 50000 руб.

Изготовление матрицы и пуансона – 100000 руб.

Разработка кондуктора для сварки – 50000 руб.

Изготовление кондуктора для сварки – 30000 руб.

Фрезеровка полоза – 10000 руб.

Расходные материалы – 50000 руб.

Расчет производился следующим образом:

Цена за 3 кг металла для производства пары полозьев.

$400 \cdot 3 = 1200$  руб.

Сумма за 20 пар полозьев

$20 \cdot 1200 = 24000$  руб.

Цена за разработку технологии и изготовление оборудования.

$50000 + 100000 + 50000 + 30000 + 10000 + 50000 = 290000$  руб.

Общая сумма за сталь и оборудование для изготовления

$24000 + 290000 = 314000$  руб.

Окончательная сумма за пару полозьев

$314000 \div 20 = 15700$  руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертационной работе «Выбор материала и разработка термообработки коньков бобслейных саней (полозьев скелетона)» представлены следующие результаты:

- В ходе работы были изучены основные требования, предъявляемые для скелетона;
- Проведен комплекс исследований для определения элементного состава материала полоза скелетона, проведено исследование рентгенофазового анализа материала, определение микротвердости;
- Разработана технология изготовления полоза скелетона;
- Выбран способ термообработки;
- Выбрано оборудование для производства полозьев скелетона: Гибочный пресс, вертикально-фрезерный станок и сварочное оборудование;
- Спроектирован инструмент и технологическая оснастка, штамп для гибки полоза, кондуктор для приваривания крепежных блоков к полозу.

В связи с целью работы, заключающейся в выборе материала на основе проведения комплекса исследований, разработке технологического процесса изготовления полозьев и способа термообработки полозьев скелетона, был определен химический состав полоза. Для определения элементного состава материала полоза скелетона использовали растровый электронный микроскоп марки JSM-7001F. Анализ показал, что в составе конька содержится Fe, C, Cr, Ni, Mo, Si, Mn.

Также проведен рентгенофазовый анализа, на дифрактометре D8 Advance в результате которого была выведена аустенитная фаза: Fe Cr 0.29 Ni 0.16

Для точного определения марки стали, используемой для создания полозьев скелетона, было выполнено определение микротвердости, метод Роквелла показал данные HRC = 24-26, по Бринеллю HB составило 241-255.

После выполнения данных операций был сделан вывод, что марка стали полоза является ГОСТ 5632-72, что соответствует марки стали 03X17H14M2.



Технология по изготовлению полоза скелетона состояла из операций: гибка полоза, сварка крепежных, фрезерование полоза, полировка.

Для гибки полоза был спроектирован пуансон и матрица. При помощи гидравлического пресс П6330 сгибаем заготовку и придаем форму полоза.

После операции гибки необходимо выполнить термическую обработку. Были изучены режимы термообработки. Для снятия внутреннего напряжения используют термическую обработку в которой полз нагреваю в камерной печи при температуре 1100 – 1120 С° в течении 16 – 18 минут с последующим охлаждением на воздухе.

Было проведено исследование сварных швов, на которые приварены крепежные блоки. По сварному шву было определено, что используется аргонодуговая сварка. Для сварки полоза был разработан кондуктор для сварки.

Для фрезерования полоза использовали вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6Р13Ф3. Для сваривания полоза использовали сварочный аппарат УДГУ – 251.

Определена средняя шероховатость полоза, она составила 9 нм.

В экономической части был произведен расчет затрат на материал, на изготовление матрицы и пуансона, кондуктора для сварки и прочие услуги. Конечная стоимость ползьев скелетона после расчета приблизительно составила 15700 рублей, что в сравнении с ценой зарубежного производителя в 5 раз меньше.

Таким образом, отечественный производитель тоже может изготавливать ползья скелетона для тренировочных целей, которые по качественным характеристикам не будут отличаться от иностранных. Коньки изготовлены из той же стали и не уступают по химическим, физическим и механическим свойствам зарубежным оригиналам, но цена их гораздо ниже.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная федерация бобслея и тобоггана. Международные правила по скелетону [Электронный ресурс] : официальный сайт федерации бобслея России. – Режим доступа: [http://rusbob.ru/skeleton/rules/pravila\\_FIBT\\_skeleton.pdf](http://rusbob.ru/skeleton/rules/pravila_FIBT_skeleton.pdf)
2. История скелетона [Электронный ресурс] : официальный сайт федерации бобслея России. – Режим доступа: <http://rusbob.ru/skeleton/history/>
3. Приборы ЦКП. Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-7001F [Электронный ресурс] : Официальный сайт Сибирского федерального университета. – Режим доступа: <http://research.sfu-kras.ru/node/22>
4. Приборы ЦКП. Рентгеновский дифрактометр Advance D8 [Электронный ресурс] : Официальный сайт Сибирского федерального университета. – Режим доступа: <http://research.sfu-kras.ru/node/31>
5. Криштал М. М. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения / М. М. Криштал, И.С. Ясников, В.И. Полуниин и др. – М.: Техносфера, 2009. – 208 с.
6. ГОСТ 9013-59 Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. – Введ. 01.01.1969. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 6 с.
7. ГОСТ 24622-91 Пластмассы. Определение твердости. Твердость по Роквеллу. – Введ. 01.01.1993. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 9 с.
8. ГОСТ 23677-79 Твердомеры для металлов. Общие технические требования. – Введ. 01.01.1981. – Москва : Издательство стандартов, 1991. – 8 с.
9. ГОСТ 10242-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные. Допуски. – Введ. 01.01.1982. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 30 с.
10. Федоров Ю.С. Определение твердости материалов [Электронный ресурс] : методические указания к учебно-исследовательской лабораторной работе / Ю.С. Федоров // Саратовский государственный технический университет. – 2009. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2091002/>

11. ГОСТ 9378-93. Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия. – Введ. 01.01.1997. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 11 с.
12. Маркова Т.В., Крыжановская И.М. Шероховатость поверхностей : методические указания / Т.В. Маркова, И.М. Крыжановская. – Санкт-Петербург : Издательство СПбГПУ, 2006. – 32 с.
13. Галдин Н.С. Основы гидравлики и гидропривода : учебное пособие / Н.С. Галдин. – Омск : Издательство СибАДИ, 2006. – 142 с.
14. Моховиков А.А., Никулин Е.В., Баннов К.В. Изучение и настройка системы управления фрезерного станка с ЧПУ мод. 6P13Ф3 [Электронный ресурс] / А.А. Моховиков, Е.В. Никулин, К.В. Баннов // Издательство Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета. – 2010. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/SHARED/c/CHAZOVPA/academics/Tab1/Lab4.pdf>
15. ГОСТ 8-82. Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность. – Введ. 01.07.1983. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 7 с.
16. Криштал М. М. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения / М. М. Криштал, И.С. Ясников, В.И. Полуин и др. – М.: Техносфера, 2009. – 208 с.
17. ГОСТ 10157-79. Аргон газообразный и жидкий. Технические условия. – Введ. 01.07.1980.- Москва: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 25 с.
18. Лукин В.И., Банас И.П., Ковальчук В.Г., Голев Е.В. Аргонодуговая сварка / В.И. Лукин, И.П. Банас, В.Г. Ковальчук, Е.В. Голев // Труды ВИАМ. – 2013. - №8. – С. 1-14.
19. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. Совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984.-Т. 1/Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. 592 с., ил.

20. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. – Введ. 01.01.1976. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 15 с.

21. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. Совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984.-Т. 1/Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. 592 с., ил.

22. СТП 26.260.484-2004 Термическая обработка коррозионностойких сталей и сплавов на железоникелевой основе в химическом машиностроении. - Взамен РД 26-01-42-87 ; введ. 01.07.2004. – 29 с.

23. ГОСТ 5950-2000. Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2002. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 44 с.

24. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. – Введ. 01.01.1991. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 27 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А – Чертежи**

**ПРИЛОЖЕНИЕ В – Маршрутная карта**

№	Технологическая операция, краткое описание процесса	Оборудование	Инструмент	Материал	Время на операцию, час
1	<p><i>Разработка чертежа</i></p> <p>После детализованного изучения полоза скелетона, с помощью инструментов был разработан чертёж полоза скелетона.</p>	Стол	Карандаш, резинка, линейка, транспортир	бумага	13
2	<p><i>Резка прутка на заготовки</i></p> <p>Нарезаются прутки длиной 1000 мм</p>	Стол	Дисковый отрезной станок серия М225	Прут круглый сталь 03Х17Н1 4М2	1
3	<p><i>Гибка прутка</i></p> <p>Установка необходимого угла изгиба.</p>	Станок гибочный С-146 Б (СМЖ-173А)	–	Прут круглый сталь 03Х17Н1 4М2	6

4	<i>Термообработка</i> Для снятия внутреннего напряжения	Электропечь сопротивлени я камерная ПВП 1000/14	–	Прут круглый сталь 03X17Н1 4М2	0,3
5	<i>Фрезеровка крепежных блоков</i> Фрезеруем крепежные блоки до необходимых размеров	Фрезерный станок 6Р13Ф3	Фреза	Сталь 45	2
6	<i>Сварка</i> Привариваем крепежные блоки к полозу скелетона	Сварочный аппарат УДГУ-251	Сварочная проволка ОК Autrod 308LSi (ОК Autrod 16.12)	Прут круглый сталь 03X17Н1 4М2, сталь 45	0,5
7	<i>Фрезеровка заточки полоза</i> С помощью фрезерного станка фрезеруем конавки	Фрезерный станок 6Р13Ф3	Фреза	Прут круглый сталь 03X17Н1 4М2	5

8	<i>Полировка</i> С помощью пасты полируется полоз до зеркального вида.	Металлический стол	Бумага, Абразивная губка, Уайт-спирит, Тряпка.	Прут круглый сталь 03Х17Н1 4М2	5
---	---	--------------------	---	--------------------------------	---



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
институт  
Материаловедение и технологии обработки материалов  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В.И. Темных  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

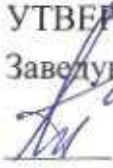
Выбор материала и разработка термообработки коньков бобслейных саней  
(полозьев скелетона)

тема  
22.04.01 – Материаловедение и технологии материалов  
код и наименование направления  
22.04.01.01 – Синтез и литье новых металлических материалов  
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	 подпись, дата	<u>к.т.н., доцент</u> должность, ученая степень	<u>В.И. Темных</u> инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата		<u>Р.К. Ширяев</u> инициалы, фамилия
Рецензент	 подпись, дата	<u>к.т.н., доцент</u> должность, ученая степень	<u>Ю.И. Гордеев</u> инициалы, фамилия
Консультант	 подпись, дата	<u>к.т.н., доцент</u> должность, ученая степень	<u>А.К. Абкарян</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
институт  
Материаловедение и технологии обработки материалов  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
  
В. И. Темных  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

**в форме магистерской диссертации**

Магистранту Ширяеву Роману Константиновичу

Группа МТ 16 – 01 М Направление 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов.

Тема выпускной квалификационной работы: «Выбор материала и разработка термообработки коньков бобслейных саней (полозьев скелетона)»

Утверждена приказом по университету № 16290/с от 22.11.2016

Руководитель ВКР к.т.н., доцент В. И.Темных

Исходные данные для ВКР: Информационный обзор, литературный обзор

Перечень разделов ВКР:

1. Скелетон. Общие сведения;
2. Методы исследований;
3. Экспериментальные исследования;
4. Технология изготовления;
5. Экономическая часть: расчет стоимости полозьев скелетона;

Руководитель ВКР

  
подпись, дата      к.т.н., доцент  
должность, ученая степень

В.И. Темных  
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись, да

Р.К. Ширяев  
инициалы, фамилия