

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова»
Многопрофильный колледж



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ
ПМ.04 Участие в организации технологического процесса
МДК 04.01 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА (ПО
ОТРАСЛЯМ): Подготовка и ведение технологического процесса обработки
металлов давлением
для обучающихся специальности
44.02.06 Профессиональное обучение (по отраслям). Обработка металлов
давлением**

Магнитогорск, 2022

ОДОБРЕНО:

Предметно-цикловой комиссией

Обработка металлов давлениемПредседатель О.В. ШелковниковаПротокол № 5 от 19.01.2022.

Методической комиссией МпК

Протокол №4 от 09.02.2022.

Составитель:

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» МпК Т.В. Смирнова

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» МпК О.А. Миронова

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы ПМ.04 Участие в организации технологического процесса

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на формирование общих и профессиональных компетенций по программе подготовки специалистов среднего звена по специальности 44.02.06 Профессиональное обучение (по отраслям)/ Обработка металлов давлением.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	6
МДК.04.01 Организация технологического процесса (по отраслям): Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением	6
Т.4.3.1. ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	6
Т.4.3.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	33
Т.4.3.3 ЛИСТОПРОКАТНОЕ И СОРТОПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО	63
Т.4.3.4 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	124

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений рассчитывать основные величины, характеризующие процессы обработки металлов давлением, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой ПМ. 04 Участие в организации технологического процесса предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- осуществлять текущее планирование деятельности первичного структурного подразделения;
- разрабатывать основную и вспомогательную технологическую и техническую документацию;
- разрабатывать и проводить инструктаж по технике безопасности;
- обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины;
- обеспечивать соблюдение техники безопасности;
- осуществлять приемку и оценку качества выполненных работ;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК.4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения

ПК.4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов

ПК.4.3. Разрабатывать и оформлять техническую документацию

ПК.4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины

ПК.4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

А также формированию **общих компетенций:**

ОК1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК2 Организовывать собственную деятельность, определять методы решения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК3 Оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях

ОК4 Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК5 Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.

ОК6 Работать в коллективе и команде, взаимодействовать с руководством, коллегами и социальными партнерами.

ОК9 Осуществлять профессиональную деятельность в условиях обновления ее целей, содержания, смены технологий.

ОК10 Осуществлять профилактику травматизма, обеспечивать охрану труда и здоровья обучающихся.

ОК11 Строить профессиональную деятельность с соблюдением правовых норм, ее регулирующих.

Выполнение обучающимися практических и лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

МДК.04.01 Организация технологического процесса (по отраслям): Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением

Т.4.3.1. ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Тема 1.1 Физические основы пластической деформации Лабораторная работа № 1 Паспортизация прокатного стана

Цель: Познакомиться с основным технологическим оборудованием в лаборатории Обработки металлов давлением

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- составлять технический паспорт лабораторного стана;
- читать кинематические схемы стана и нажимного механизма.

Материальное обеспечение:

- инструкция по технике безопасности;
- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан

Задание:

- 1 Составить технический паспорт лабораторного стана, заполнив таблицу.

Краткие теоретические сведения:

Прокáтный стан — комплекс оборудования, в котором происходит пластическая деформация металла между вращающимися валками. В более широком значении — система машин, выполняющая не только прокатку, но и вспомогательные операции:

- транспортирование исходной заготовки со склада к нагревательным печам и к валкам стана,
- передачу прокатываемого материала от одного калибра к другому,
- кантовку,
- транспортирование металла после прокатки,
- резку на части,
- маркировку или клеймение,
- правку,
- упаковку,
- передачу на склад готовой продукции и др.

Различают основное и вспомогательное оборудование прокатного стана. Основное оборудование прокатного стана предназначено для выполнения главной операции — деформации металла между вращающимися валками. Вспомогательное оборудование составляют машины и агрегаты для выполнения вспомогательных операций, таких как нагрев, транспортировка исходного материала к рабочей клетки, кантовка, уборка материала после прокатки, резка на мерные длины, охлаждение, правка, сматывание в бунты или рулоны, отделка, термическая обработка, маркировка и клеймение, упаковка, подача на склад готовой продукции.

Линия, по которой располагают основное оборудование, называется главной линией прокатного стана. В случае с одноклетьевым станом, главная линия — одна рабочая клетка с приводом прокатных валков (рис. 1.1). Главную линию

многоклетьевого стана образуют несколько рабочих клеток, которые располагаются в одну линию, параллельно друг другу или в шахматном порядке.

По расположению рабочих клеток различают последовательные, непрерывные и полунепрерывные многоклетьевые станы. Последовательный стан отличается поочередной прокаткой полосы в его рабочих клетях. Непрерывный стан — стан, в котором полоса прокатывается одновременно во всех его клетях. Клетки располагаются одна за другой, обеспечивая высокую производительность стана. Полунепрерывный стан состоит из непрерывных и последовательных групп клеток.

По назначению различают обжимные, заготовочные, толстолистовые, широкополосовые и листовые станы холодной прокатки, а также рельсобалочные, сортопрокатные, проволочные, трубо- и деталепрокатные станы. Кроме того, существуют профилегибочные станы.

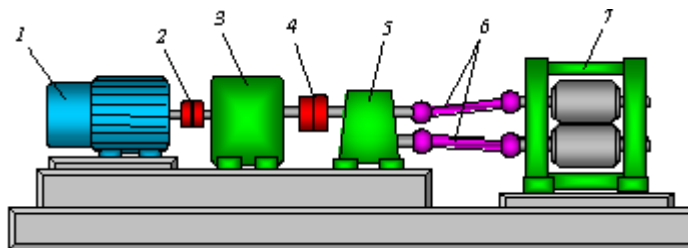


Рисунок 1 - Одноклетьевого прокатный стан:

1 — электродвигатель; 2 — муфта моторная; 3 — редуктор; 4 — муфта коренная; 5 — шестеренная клеть; 6 — шпиндель; 7 — рабочая клеть

Порядок выполнения работы:

- 1.Познакомиться с техникой безопасности в учебной лаборатории Обработки металлов давлением;
- 2.Познакомиться с основным технологическим оборудованием;
- 3.Составить технический паспорт стана.

Ход работы:

1. Инструктаж по технике безопасности в лаборатории обработки металлов давлением.
2. Знакомство с лабораторным станом.
3. Оформление отчета о проделанной работе в тетради для лабораторных работ .

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе в рабочей тетради для лабораторных работ (заполнить паспорт лабораторного стана и начертить кинематическую схему стана)

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.2 Виды деформации металлов и сплавов

Лабораторное занятие № 2

Получение наклепанного металла

Цель работы: Путем прокатки в холодном состоянии металлических образцов получить наклепанный металл и установить влияние степени деформации на механические свойства металла.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы;
- замерять твердость образцов;
- рассчитывать обжатия при прокатке.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- твердомер типа ТК-2 или ТШ-2;
- штангенциркуль;
- 4 образца из мягкой стали и 4 образца из меди длиной 100-120мм и толщиной не менее 4мм. Все образцы предварительно подвергают отжигу.

Задание:

Прокатать 3 образца из мягкой стали размерами 100х4мм, и 3 образца из меди размерами 100х4мм; произвести замеры твердости

Порядок выполнения работы:

- 1.Подготовить рабочее место;
- 2.Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
- 3.Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе

Пронумеровать образцы, измерить их толщину в средней части. Результаты занести в таблицу.

Первые образцы из каждой пары отложить, а остальные прокатать последовательно с относительным обжатием 25, 50 и 75% за один или несколько проходов. Измерить толщину образцов после прокатки и их твердость. Твердость измерять в трех местах по длине образца – одно измерение по середине и два измерения на расстоянии примерно 5 мм от передней и задней кромки. Результаты измерений занести в таблицу.

По полученным замерам для каждого образца определить: абсолютное, относительное обжатие, среднюю твердость. Результаты расчетов занести в таблицу.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы, таблицу искомых величин, диаграмму наклепа испытанных материалов ($HV=f(\epsilon_h)$), выводы о влиянии холодной деформации на механические свойства металла.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент	Качественная оценка индивидуальных
---------	------------------------------------

результативности (правильных ответов)	образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.4 Сопротивление деформации и пластичность металлов и сплавов
Лабораторное занятие № 3
Проверка закона постоянства объема

Цель работы: Экспериментальное изучение и подтверждение положения о неизменности объема металла при пластической деформации.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы;
- замерять образцы до и после прокатки;
- рассчитывать параметры прокатки.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- образец из свинца.

Задание:

Прокатать и измерить образец. Произвести расчеты объема металла до и после прокатки.

Краткие теоретические сведения:

Условие постоянства объема – объем тела при пластической деформации не изменяется.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить рабочее место;
2. Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
3. Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе

Прокатать образец, размерами 100x10мм за три прохода с обжатием в каждом проходе примерно 0,5; 1,0; 3,0мм соответственно

Рассчитать для каждого прохода: суммарное абсолютное обжатие, объем образца, относительную ошибку.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы, эскиз образца, таблицу измерений и искомых величин, расчеты искомых величин, вывод.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент	Качественная оценка индивидуальных
---------	------------------------------------

результативности (правильных ответов)	образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.4 Сопротивление деформации и пластичность металлов и сплавов
Лабораторная работа № 4
Проверка закона наименьшего сопротивления.

Цель работы: Экспериментальная проверка справедливости закона наименьшего сопротивления на основе исследования принципа наименьшего периметра при различных условиях трения на контакте.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- осаживать образцы;
- выполнять эскизы образцов до и после деформации.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный управленческий пресс;
- 2 плоские шлифованные подкладные плиты;
- штангенциркуль;
- свинцовые образцы.

Задание:

Осадить образцы размерами 20x20x20мм и 20x40x20мм на прессе, произвести замеры после деформации и сделать расчеты высотной деформации.

Порядок выполнения работы:

- 1.Подготовить рабочее место;
- 2.Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
- 3.Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе

Осадить свинцовый образец размерами 20x20x20мм до конечной толщины 6-7мм на сухих шероховатых и смазанных полированных бойках. После осадки измерить образец и рассчитать относительную высотную деформацию. Осадить образец размерами 20x40x20мм до конечной толщины 3-5мм. После осадки измерить образец и рассчитать относительную высотную деформацию.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, расчеты относительной высотной деформации и эскизы контактной поверхности образцов в исходном состоянии и после каждой операции осадки. Вывод о подтверждении закона наименьшего сопротивления.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл	вербальный аналог

	(отметка)	
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.4 Сопротивление деформации и пластичность металлов и сплавов
Практическая работа № 1
Расчет величин, характеризующих деформацию

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам научиться определять величины, характеризующие деформацию.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать абсолютную и относительную степень деформации;
- рассчитывать коэффициенты деформации.

Материальное обеспечение:

- раздаточный материал

Задание:

1. Решение задач .

Краткие теоретические сведения:

О величине деформации судят по изменению размеров деформируемого тела, причем существует несколько показателей деформации. Ознакомимся с ними на простейшем примере деформации параллелепипеда (рисунок 1). Пусть размеры тела до деформации следующие: длина l_0 , ширина b_0 , толщина h_0 , а после деформации соответственно l_1 , b_1 , h_1 . Допустим, что в процессе деформации толщина бруса уменьшилась, а длина и ширина увеличилась, тогда деформацию можно характеризовать следующими показателями.

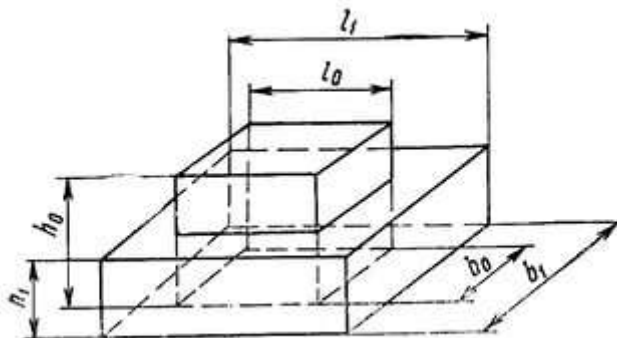


Рисунок 2 – Схема к определению характеристик величины деформации

Абсолютные деформации:

$$\begin{aligned} \text{обжатие } \Delta h &= h_0 - h_1; \\ \text{удлинение } \Delta l &= l_1 - l_0; \\ \text{уширение } \Delta b &= b_1 - b_0. \end{aligned}$$

Абсолютные показатели неполно характеризуют величину деформации, так как не учитывают размеры деформируемого изделия. Более удобны относительные показатели, называемые степенью деформации:

$$\text{относительное обжатие } \varepsilon_h = (h_0 - h_1)/h_0 = \Delta h/h_0;$$

$$\text{относительное уширение } \varepsilon_b = (b_1 - b_0)/b_0 = \Delta b/b_0;$$

$$\text{относительное удлинение } \varepsilon_L = (l_1 - l_0)/l_0 = \Delta l/l_0.$$

Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал.
- 2 Решение задач.
3. Сдача решенных задач.

Ход работы:

1. Рассчитать абсолютные деформации по толщине, ширине, длине.
2. Рассчитать относительные деформации по толщине, по ширине, по длине.

Форма представления результата:

Задачи решаются в тетради для практических работ и сдаются на проверку.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 1.5 Методы расчета формоизменения очага деформации
Лабораторная работа № 5**

Расчет параметров, характеризующих очаг деформации.

Цель работы: Ознакомиться с параметрами и характеристиками очага деформации при прокатке, определить указанные величины по результатам измерений размеров образца при прокатке в гладких бочках.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы;
- рассчитывать основные параметры очага деформации.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- образец из свинца в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 100x10мм.

Задание:

Прокатать образец с различными абсолютными обжатиями за проход. Произвести расчеты основных параметров очага деформации.

Порядок выполнения работы:

- 1.Подготовить рабочее место;

2. Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
3. Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе

Прокатать образец, размерами 100x10мм с различными абсолютными обжатиями за проход.

По результатам измерений рассчитать основные показатели деформации и параметры очага деформации для каждого прохода. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу.

Построить график зависимости относительного обжатия и коэффициента вытяжки от абсолютного обжатия.

Зарисовать вид очага деформации в плане.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, эскиз очага деформации, расчеты искомых величин, вывод.

Тема 1.5 Методы расчета формоизменения очага деформации

Практическая работа № 2

Определение дуги захвата

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам научиться определять величину дуги захвата очага деформации

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать величину дуги захвата

Материальное обеспечение:

- раздаточный материал

Задание:

1. Заполнить таблицы.

Краткие теоретические сведения

Дуга, по которой валок соприкасается с металлом, называется дугой захвата. Проекция дуги захвата на горизонтальную ось называется длиной очага деформации. Центральный угол, соответствующий дуге захвата, называется углом захвата.

Обжатие, D_h , мм	Значение длины дуги захвата l_d , мм, при диаметре валков D_v , мм			
0,5	8,66	12,25		17,32
1,0	12,25	17,32	21,21	24,5
2,0	17,32	24,5		34,64
4,0	24,5	33,64	42,42	48,98
8,0	33,64	48,98		69,

Обжатие, D_h , мм	Значение угла захвата α , град, при диаметре валков D_v , мм			
0,5	3,31	2,34	1,91	1,66
1,0	4,68	3,31	2,7	2,34
2,0	6,62	4,68	3,82	3,31

4,0	9,36	6,62	5,4	4,68
8,0	13,23	9,36	7,64	6,62

Тема 1.5 Методы расчета формоизменения очага деформации

Практическая работа № 3

Определение угла захвата

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам научиться определять величину угла захвата очага деформации при прокатке

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать величину дуги захвата

Материальное обеспечение:

- раздаточный материал

Задание:

1. Решение задач по данной теме

На стане с рабочими чугунными валками диаметром 1000 мм за один проход предполагается прокатать заготовку толщиной $h_0 = 180$ мм до толщины $h_1 = 100$ мм на скорости $v = 3$ м/с при температуре полосы, равной 1200°C . Определить, произойдет ли захват полосы валками.

Решение.

1. Определяем абсолютное обжатие полосы

$$Dh = H_0 - H_1 = 180 - 100 = 80 \text{ мм}.$$

2. Вычисляем угол захвата

$$\alpha = 0,400 \text{ рад} = 22,9 \text{ град}.$$

3. Рассчитываем коэффициент контактного трения по формуле Гелеи

$$f = 0,94 - 0,0005T - 0,056v = 0,94 - 0,0005 \times 1200 - 0,056 \times 3 = 0,172.$$

4. Принимаем угол трения равным коэффициенту контактного трения

$$b = f = 0,172 \text{ рад}.$$

5. Проверяем на условие захвата заготовки валками.

Итак, для захвата заготовки валками необходимо, чтобы угол захвата a не превышал угол трения, т.е. $a \leq b$. В нашем случае $a = 0,4 \text{ рад} > b = 0,17$. Отсюда следует вывод, что захват полосы не произойдет, так как режим обжатий или технологические переменные подобраны неудачно. Для обеспечения процесса прокатки требуется корректировка их значений.

Тема 1.5 Методы расчета формоизменения очага деформации

Практическая работа № 4

Определение площади контактной поверхности

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам научиться определять площадь контактной поверхности при прокатке

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять площадь контактной поверхности при прокатке

Материальное обеспечение:

- раздаточный материал

Задание:

1. Заполнить таблицу по данным, выданным преподавателем

Проекция площади контакта на ось X для простого процесса прокатки определяется по формуле:

$$F_k = \frac{b_0 - b_1}{2} \sqrt{R * \Delta h}$$

Проекция площади контакта на ось X при прокатке в валках разного диаметра:

Рассчитываемый параметр	Значение
Катающий диаметр D_k , мм	
Катающий радиус R_k , мм	
Обжатие Δh , мм	
Угол захвата α , рад	
Угол захвата α , град	
Длина дуги захвата, мм	
Длина очага деформации l_x , мм	
Длина проекции или очага деформации l_x , мм	
Критический угол γ , град	
Проекция площади контакта F_k , мм	
Угол трения β , град	

Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал.
- 2 Заполнить таблицу по полученным данным

Ход работы:

1. Рассчитать все позиции из таблицы
2. Произвести проверку

Форма представления результата:

Задачи решаются в тетради для практических работ и сдаются на проверку.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.6 Трение в процессах обработки металлов давлением

Лабораторная работа № 6

Определение коэффициента трения

Цель работы: Определение захватывающей способности валков и коэффициента трения при начальном захвате и при установившемся процессе прокатки.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы;
- рассчитывать коэффициент трения

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- образцы из свинца в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 100x10мм
- машинное масло.

Задание:

Определить коэффициент трения в начальный момент захвата металла валками и при установившемся процессе прокатки.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить рабочее место;
2. Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
3. Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

1. Исследование начальной стадии процесса захвата

Измерить толщину образца до и после прокатки на сухих валках. Исходя из полученных величин, рассчитать максимальный угол захвата, угол трения и коэффициент трения при захвате металла валками по приведенным в инструкции формулам. То же самое сделать на смазанных маслом валках. Результаты занести в таблицу №1.

2. Исследование установившегося процесса прокатки.

Валки установить так, чтобы при прокатке возникло буксование. После этого валки остановить, раздвинуть их и извлечь клин. Толщину клина измерить в двух местах. Затем валки смазать маслом и повторить опыт. Результаты занести в таблицу №2. Исходя из полученных величин, рассчитать максимальный угол касания, угол трения, коэффициент трения в установившемся процессе прокатки по приведенным в инструкции формулам.

Результаты экспериментов и расчетов привести в таблицах №1 и №2.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы с рисунками исходного и прокатанного клина, таблицу измерений и расчеты искомых величин. Выводы о влиянии материала полосы и смазки на величину коэффициента трения в установившемся процессе прокатки, а также о соотношении коэффициента трения при установившемся процессе и при захвате.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.6 Трение в процессах обработки металлов давлением

Практическая работа № 5

Определение коэффициента трения при горячей и холодной прокатке

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам научиться определять коэффициент трения при горячей и холодной прокатке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать коэффициент трения для различных видов обработки металлов давлением.

Материальное обеспечение:

- раздаточный материал

Задание:

1. Решение задач.

Краткие теоретические сведения

В процессе прокатки контактное трение играет особую роль, так как оно лежит в основе этого процесса. С действием сил трения связаны все основные явления прокатки.

Процесс прокатки состоит из трех стадий.

В первой стадии происходит заполнение металлом очага деформации, которое начинается с момента соприкосновения переднего конца раската с валками и заканчивается в момент достижения плоскости выхода. Вторая стадия начинается с момента выхода переднего конца из валков и заканчивается при достижении заднего конца плоскости выхода. В этот момент начинается третья стадия и заканчивается выходом заднего конца из валков. Первая и третья стадии носят название неустановившегося процесса прокатки, так как при этом все параметры очага деформации меняются. Вторая стадия – установившийся процесс прокатки, так как в этот период параметры очага деформации остаются неизменными.

Для начала процесса прокатки необходим захват металла валками. В момент захвата на полосу действуют две силы – числа нормального давления – N и сила трения – T (рис.2)

Для осуществления захвата необходимо, чтобы горизонтальная составляющая силы трения была равна или превышала горизонтальную составляющую силы нормального давления

$$T_r \geq N_r .$$

Так как $T = f_3 N$, а $T_r = f_3 N \cos \alpha$ и $N_r = N \cos \alpha$,

где f_3 – коэффициент трения при захвате;

α – угол захвата,

то получим условие, необходимое для захвата

$$f_3 N \cos \alpha \geq N \sin \alpha .$$

Окончательно получаем $f_3 \geq \tan \alpha$.

Для осуществления захвата необходимо, чтобы равнодействующая была отклонена от вертикали по ходу прокатки, т. е. $\tan \alpha < f_3$.

При $f_3 = \tan \alpha$ полоса находится в неустойчивом положении и захват может произойти или не произойти, в зависимости от того куда сдвинут равновесие сил различные случайные факторы (изменение состава полосы и валков, скорости прокатки и др.).

В установившемся процессе прокатки $f_y > \frac{1}{2} \tan \alpha$ в силу допущения, что нормальные контактные напряжения распределены равномерно по дуге захвата, а контактные силы трения по всей дуге захвата направлены в сторону движения полосы.

Рассматривая условия захвата $f_3 > \frac{1}{2} \tan \alpha$, можно сделать следующие выводы:

1. Установившийся процесс прокатки может устойчиво протекать до тех пор, пока угол захвата не превысит в два раза коэффициент трения.

2. В установившемся процессе прокатки можно в два раза увеличить угол захвата, а следовательно увеличить обжатие. Если же обжатие остаётся без изменения, то в очаге деформации возникают избыточные силы трения, которые способствуют увеличению скорости движения полосы, что приводит к появлению зоны опережения, где скорость полосы больше окружной скорости валков.

Для экспериментального определения коэффициента трения при установившемся процессе применяются следующие способы:

- клещевой метод торможения полосы в валках;
- метод определения по опережению;
- метод крутящего момента;
- метод предельного обжатия (максимального угла касания) и др.

В настоящей работе коэффициент трения определяется по последнему из указанных методов.

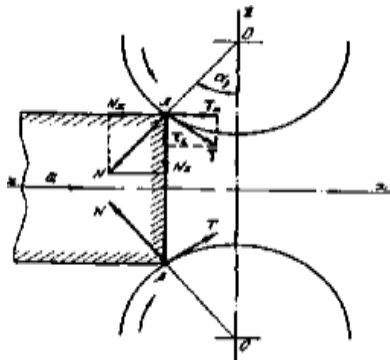


Рисунок 3 - Схема действия сил при захвате

Образцы прокатываются с постоянным увеличением обжатия (и угла касания) до наступления буксования валков по металлу. Так как установлено, что в момент буксования распределение удельного давления по дуге контакта близко к равномерному, то применяется $\Psi=0,5$.

1. \cos угла захвата по формуле:

$$\cos \alpha = 1 - (H - L/D) = 1 - \Delta h/D. \quad (1)$$

2. Угол захвата α по формуле:

$$\alpha = \arccos (1 - \Delta h/D) \quad (2)$$

3. Угол захвата α в радианах по формуле:

$$\alpha = 57,3 \sqrt{\Delta h * R}. \quad (3)$$

Так как в начальный момент захвата выполняется условие $\alpha = \beta$, то коэффициент трения определяем по формуле:

$$f = \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

4. Коэффициент трения определяют по формуле Эжелунда:

$$f = k(1,05 - 0,005 \cdot t), \quad (5)$$

где t – температура прокатки;

k – коэффициент учитывающий материал валков,

$k = 1$ – для стальных валков.

5. При холодной прокатки коэффициент трения определяют по формуле:

$$f_x = k \cdot (0,07 - [0,1 \cdot V^2 / (2 \cdot (1+V) + 3V^2)]), \quad (6)$$

$k = 1,55$ – валки сухие;

$k = 1,35$ – смазанные машинным маслом;

$k = 1,6$ – с мелом;

$k = 1$ – эмульсией (10% масла), керосином.

Порядок выполнения работы:

1. Повторить теоретический материал.

2. Решение задач.

3. Сдача решенных задач.

Ход работы:

1. Рассчитать искомые величины по формулам.

2. Заполнить таблицу.

3. Сделать вывод по работе. В выводе проанализировать какую роль играет смазка при холодной и горячей

Форма представления результата:

Задачи решаются в тетради для практических работ и сдаются на проверку.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.7 Захват металла валками при обработке металлов давлением

Лабораторная работа № 7

Изучение влияния внешнего трения.

Цель работы: Экспериментальное изучение надежного захвата полосы валками, использование на практике избыточных сил трения в очаге деформации.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;

- прокатывать образцы;

- определять факторы, влияющие на коэффициент трения.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- свинцовые образцы;
- лабораторный динамометр;
- машинное масло.

Задание:

Прокатать образцы на сухих и смазанных валках с задающим усилием и без него. Изучить влияние избыточных сил трения в очаге деформации.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить рабочее место;
2. Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
3. Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе

На сухих валках установить зазор между валками так, чтобы захват не произошел. Затем подвести образец к вращающимся валкам, после чего лабораторным динамометром создать переменное усилие до тех пор, пока не произойдет захват полосы валками. Измерить толщину образца после прокатки и

$$\alpha_3^{\max} = \arccos\left(1 - \frac{\Delta h_{\max}}{D}\right)$$

рассчитать максимальное обжатие по формуле

коэффициент трения $\mu_3 = \operatorname{tg} \alpha_3^{\max}$. Опыты провести на сухих валках и на валках с применением смазки. Результаты экспериментов и расчетов привести в таблице, указанной в инструкции.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы, таблицу измерений и расчеты искомых величин. Сделать заключение о соотношении между коэффициентами трения, полученных в работе №8 и в данной работе. Охарактеризовать влияние задающего усилия на захват полосы валками.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.8 Опережение и отставание
Лабораторная работа № 8
Определение опережения

Цель работы: Экспериментальное определение опережения и критического угла при прокатке с помощью керновых отпечатков, исследование влияния толщины прокатываемой полосы и смазки на опережение.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы;
- рассчитывать опережение при прокатке.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- 6 образцов из свинца в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 100x10мм,
- машинное масло.

Задание:

Определить опережение и критический угол керновым методом.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить рабочее место;
2. Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
3. Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе.

Измерить толщину образцов до прокатки. На поверхности верхнего вала нанести керны на расстоянии 40мм. После каждого прохода измерять толщину образцов и расстояние между керновыми отпечатками. Результаты измерений занести в таблицу.

Смазать валки и провести прокатку так же, как на сухих валках. Опытные данные занести в таблицу.

Рассчитать по приведенным в инструкции формулам опережение и критический угол для каждого прохода и построить графики изменения их величин по мере уменьшения толщины полосы для сухих (сплошная линия) и смазанных (пунктирная) валков.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, схематическое изображение определения опережения керновым методом; описание хода работы; таблицу измерений и расчетов; расчеты искомых величин; графики изменения величин опережения и критического угла в зависимости от толщины полосы; вывод.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог

90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.9 Уширение при обработке металлов давлением
Лабораторная работа № 9
Изучение влияния величины обжатия на уширение

Цель работы: Исследование влияния абсолютного обжатия при прокатке на величину уширения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- образец из свинца в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 100x10мм.

Задание:

Исследовать влияние абсолютного обжатия на уширение путем прокатки свинцовых образцов с разным обжатием за проход.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить рабочее место;
2. Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
3. Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе.

Измерить толщину и ширину образцов и прокатать их с различным обжатием за проход. Измерить образцы после прокатки и найти уширение. Определить показатель уширения. Рассчитать теоретическое значение уширения по формулам А.Чекмарева и Б. Бахтинова. Окончательные результаты опытов и расчетов занести в таблицу, приведенную в инструкции.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; таблицу измерений и расчетов; расчеты искомых величин; эскиз горизонтальной проекции геометрического очага деформации.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.9 Уширение при обработке металлов давлением

Лабораторная работа № 10

Изучение влияния ширины полосы на уширение.

Цель работы: Исследование влияния ширины полосы на величину уширения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- образец из свинца в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 100х10мм.

Задание:

Исследовать влияние ширины полосы на уширение путем прокатки свинцовых образцов с разным обжатием за проход.

Порядок выполнения работы:

- 1.Подготовить рабочее место;
- 2.Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
- 3.Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе.

Измерить толщину и длину образцов. Первый образец прокатать за один проход с максимально возможным обжатием. Второй образец прокатать за три прохода; третий, четвертый и пятый образец – соответственно за 6; 12; 20 проходов. После прокатки измерить размеры образцов и данные занести в таблицу. Провести все указанные в инструкции расчеты и результаты занести в таблицу.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; таблицу измерений и расчетов; расчеты искомых величин; эскиз горизонтальной проекции геометрического очага деформации. Выводы о величине дробности деформации на уширение и вытяжку прокатываемой полосы.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.9 Уширение при обработке металлов давлением
Практическая работа № 6

Методы расчета уширения при прокатке по методу А.И. Целикова и Б.П. Бахтинова

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам научиться определять уширение при прокатке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать уширение при прокатке по формуле А.И. Целикова
- рассчитывать уширение при прокатке по формуле Б. Бахтинова.

Материальное обеспечение:

- раздаточный материал

Задание:

1. Решение задач.

Краткие теоретические сведения

Поперечная деформация металла при прокатке называется уширением. Различают уширение *свободное, ограниченное и вынужденное.*

1. Численное определение уширения

- Формула Л.Жеза:

$$\Delta b = a(H-h), \quad (1)$$

где a – коэффициент уширения, зависящий от температуры прокатки и содержания углерода в стали, $a=0,35-0,48$.

Рекомендуется принимать коэффициент равный 0,48 для мягких сталей и 0,35 для среднеуглеродистых.

При низких температурах принимают более высокое значение коэффициента уширения.

- Формула Петров – Зибеля:

$$\Delta b = c \frac{H-h}{H} \sqrt{R\Delta h}, \quad (2)$$

где H и h – высота раската до и после пропуска;

R - радиус валков;

c - коэффициент уширения, зависящий от состава металла и температуры прокатки, $c=0,35-0,45$. Более высокие значения коэффициента c соответствуют случаям прокатки мягких марок сталей в области низких температур.

В формуле (1) учтена зависимость уширения лишь от температуры прокатки и химического состава стали; в формуле (2) – еще и от диаметра валков. Поэтому формулы (1) и (2) применяют для приближенного определения уширения.

- Формула Бахтинова:

$$\Delta b = 1,15 \frac{\Delta h}{2H} \left(\sqrt{R\Delta h} - \frac{\Delta h}{2f} \right), \quad (3)$$

где Δh - абсолютное обжатие в данном пропуске;

H - высота раската до пропуска;

R - радиус валков;

f - коэффициент трения.

Для практического использования рекомендуется применять формулу (3), являющуюся более простой и достаточно точной.

- Формула Целикова:

$$\Delta b = 0,5 C_b C_\sigma \left(\sqrt{R\Delta h} - \frac{\Delta h}{2f} \right) \ln \frac{H}{h},$$

где C_b - коэффициент, учитывающий ширину полосы, которая определяется по графику;

C_σ - коэффициент, учитывающий влияние заднего натяжения; $C_b = 1 - \frac{2\sigma_0}{k}$,

где σ_0 - заднее натяжение;

k - сопротивление деформации в условиях линейного растяжения.

При отсутствии натяжения $C_\sigma=1$

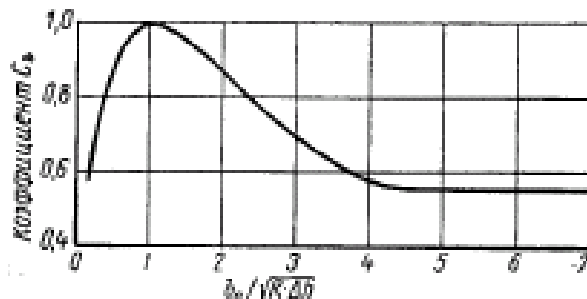


Рисунок 10 - Значение коэффициента

Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал.
- 2 Решение задач.
3. Сдача решенных задач.

Ход работы:

1. Рассчитать уширение по формуле А.Чекмарева;
2. Рассчитать уширение при прокатке по формуле Б. Бахтинова.

Форма представления результата:

Задачи решаются в тетради для практических работ и сдаются на проверку.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 1.9 Уширение при обработке металлов давлением
Практическая работа № 7**

Методы расчета уширения при прокатке по методу А.П. Чекмарева

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам научиться определять уширение при прокатке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать уширение при прокатке по формуле А.П. Чекмарева

Материальное обеспечение:

- раздаточный материал

Задание:

1. Решение задач.

Тема 1.10 Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением
Лабораторная работа № 11
Определение усилия деформации.

Цель работы: определение полного и среднего контактного давления при прокатке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы;
- измерять твердость образцов;
- рассчитывать обжатия при прокатке.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- 3 свинцовых образца в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 100х10мм;
- измерительная линейка;
- месдозы.

Задание:

Определить усилие при прокатке.

Порядок выполнения работы:

- 1.Подготовить рабочее место;
- 2.Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
- 3.Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе.

Три образца прокатать с различным обжатием и зафиксировать показания месдоз полного давления. Определить по градуировочным кривым усилие при установившемся процессе прокатки и рассчитать среднее контактное давление по формуле, приведенной в инструкции. Результаты опытов занести в таблицу.

Построить график зависимости полного и среднего контактного давления от обжатия.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; таблицу измерений и расчетов; расчеты искомых величин. Вывод.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно

менее 70	2	не удовлетворительно
----------	---	----------------------

Тема 1.10 Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением
Практическая работа № 8
Методы расчета контактного давления при прокатке

Цель работы: освоить различные методы расчета контактного давления при прокатке

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать необходимые методы определения контактного давления.

Материальное обеспечение:

- раздаточный материал

Задание:

1. Решение задач.

Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал.
- 2 Решение задач.
3. Сдача решенных задач.

Ход работы:

1. Методы расчета контактного давления при горячей прокатке;
2. Методы расчета контактного давления при холодной прокатке.

Форма представления результата:

Задачи решаются в тетради для практических работ и сдаются на проверку.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.10 Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением
Практическая работа № 9
Расчет контактного давления при горячей прокатке

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам А.И. Целикова, С. Экилунда, А.Ф. Головина, В.А. Тягунова определить усилие при горячей прокатке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать усилие при горячей прокатке по методу А.И. Целикова;
- рассчитывать усилие при горячей прокатке по методу С.Экилунда;
- рассчитывать усилие при горячей прокатке по методу А.Ф. Головина, В.А. Тягунова.

Тягунова.

Материальное обеспечение:

- Методические разработки по выполнению расчетов усилия при горячей и холодной прокатке.

- Теория прокатки. Справочник под ред. В.И. Зюзина, А.В. Третьякова – М.:
Металлургия 1982 –335с.

Задание:

Варианты заданий для расчета усилия при горячей прокатке.

№ п/п	Материал валков	Марка стали	Диаметр валков, мм	Число оборотов валков, об/мин.	Температура прокатки, °С	h ₀ , мм	b ₀ , мм	h ₁ , мм	b ₁ , мм
1	сталь	Ст 45	550	64	1200	115	120	80	135
2	сталь	Ст 3	500	75	1100	100	110	75	125
3	сталь	Ст 0	550	64	1200	115	125	85	137
4	чугун	08 кп	350	240	1100	35	45	25	50
5	чугун	20	350	110	1000	30	40	20	45
6	сталь	St 12	500	63	1200	120	130	100	138
7	чугун	RRSt 3	550	70	1100	110	115	95	123
8	сталь	10 кп	350	250	1110	50	100	38	112
9	чугун	18 ЮА	500	55	1100	115	125	90	130
10	чугун	08 пс	350	265	1000	40	50	35	55
11	сталь	Gr. 45	350	120	1200	60	70	58	82
12	чугун	50	550	60	1220	125	130	120	135
13	сталь	SPHD	500	64	1200	115	115	90	128
14	сталь	35	350	230	1100	33	43	21	57
15	чугун	40Г2	350	170	1150	42	67	38	73
16	сталь	SAE1010	550	80	1000	120	120	110	135
17	чугун	0207	550	85	1100	112	122	109	132
18	чугун	В	500	75	1200	105	115	100	126
19	сталь	DIN17100	550	57	1100	100	118	93	123
20	сталь	S235JRG2	350	250	1200	56	65	50	74
21	сталь	22К	350	200	1000	61	71	58	78
22	чугун	15ХСНД	550	85	980	98	110	93	115
23	чугун	60	500	65	1180	77	87	70	94
24	сталь	FeP01	350	220	960	26	36	20	41
25	чугун	4ХНМ	350	150	1160	62	85	55	90
26	сталь	15Г	500	66	1140	115	125	80	141
27	сталь	10	550	64	1000	115	125	110	135
28	чугун	09Г2С	550	80	1100	111	119	107	126
29	сталь	SS 300	350	235	1200	37	47	30	52
30	чугун	DD14В	350	210	1180	27	33	20	40
31	чугун	16Д	500	85	1100	97	102	93	108
32	сталь	30Х	500	75	1160	75	85	70	90
33	чугун	S355JOB	550	60	920	42	55	39	59
34	сталь	А	350	240	1100	23	45	19	55
35	сталь	RSt37.0	550	55	800	100	110	90	115

Порядок работы:

- 1 Повторить теоретический материал.
- 2 Определение усилия при горячей прокатке.
3. Сдача выполненного расчета.

Ход работы:

Изучить методические указания к данной практической работе.

Рассчитать усилия горячей прокатки по методам А.И. Целикова, С. Экилунда, А.Ф. Головина, В.А. Тягунова.

Форма представления результата:

Расчеты выполнить в отдельной папке на формате А4 по ГОСТам.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.10 Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением
Практическая работа № 10

Расчет контактного давления при холодной прокатке

Цель работы: с помощью теоретических расчетов по формулам А.И. Целикова, М. Стоуна определить усилие при холодной прокатке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать усилие при холодной прокатке по методу А.И. Целикова;
- рассчитывать усилие при холодной прокатке по методу М. Стоуна.

Материальное обеспечение:

- Методические разработки по выполнению расчетов усилия при горячей и холодной прокатке.
- Теория прокатки. Справочник под ред. В.И. Зюзина, А.В. Третьякова – М.: Металлургия 1982 –335с.

Задание:

Варианты заданий для расчета усилия при холодной прокатке.

	b	h₀	h₁	h₂	h₃	h₄	D_k	$\sigma_{1;2}$	$\sigma_{2;3}$	$\sigma_{3;4}$	V₁	V₂	V₃	V₄	P-?	сталь
1	1200	2,0	1,8	1,2	0,7	0,5	490	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₂	08кп
2	1100	2,5	1,8	1,2	0,8	0,4	550	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₃	Ст20
3	1000	2,4	1,7	1,1	0,8	0,5	500	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₂	08кп
4	1200	2,1	1,6	1,1	0,7	0,5	500	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₄	Ст45
5	1000	5,0	4,8	4,2	3,5	2,0	550	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₃	Ст0
6	1000	3,0	2,7	2,0	1,5	1,0	550	23	25	27	4,3	8,0	12	14	P ₃	Ст2
7	1200	2,8	2,1	1,8	1,1	0,8	500	22	24	27	4,3	8,0	12	14	P ₂	Ст10
8	1100	2,9	2,2	1,7	1,3	0,9	550	21	23	26	4,0	7,7	9	11	P ₃	Ст10
9	1200	3,1	2,7	2,1	1,6	0,6	500	21	23	26	4,0	7,7	9	11	P ₄	Ст85
10	1200	2,3	1,6	1,0	0,5	0,3	490	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₂	Ст20
11	1100	3,5	2,8	2,2	1,8	0,9	550	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₃	Ст0
12	1000	4,0	3,8	3,2	2,5	2,0	550	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₃	08кп
13	1200	2,7	1,7	1,3	0,7	0,6	500	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₄	Ст85
14	1200	2,1	1,8	1,2	0,5	0,3	550	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₂	Ст20А
15	1100	2,2	2,0	1,7	1,4	1,2	550	21	23	26	4,0	7,7	9	11	P ₃	Ст45
16	1100	2,9	2,1	1,8	1,2	0,7	480	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₂	Ст2
17	1000	4,1	3,7	3,1	2,4	2,0	550	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₃	Ст10
18	1200	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	500	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₂	Ст0
19	1000	3,0	2,8	2,6	2,1	1,5	500	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₄	Ст2
20	1200	2,7	2,2	1,8	1,5	1,0	550	21	23	26	4,0	7,7	9	11	P ₃	Ст20А
21	1200	3,2	2,5	1,9	1,4	0,9	500	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₂	Ст20
22	1000	2,0	1,4	0,9	0,6	0,5	500	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₂	08кп
23	1100	2,3	1,7	1,2	0,8	0,5	550	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₄	Ст85
24	1100	2,7	2,0	1,6	1,2	0,8	550	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₄	Ст45
25	1200	2,5	2,0	1,5	1,2	0,5	480	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₃	Ст10
26	1000	2,2	1,7	1,2	0,7	0,4	500	21	23	26	4,0	7,7	9	11	P ₂	Ст2
27	1200	2,5	1,8	1,2	0,9	0,7	550	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₄	Ст0
28	1200	2,6	1,6	1,3	0,8	0,6	490	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₃	Ст85
29	1000	5,0	4,2	3,3	2,0	1,4	550	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₄	08кп
30	1100	4,3	3,1	2,4	1,4	0,8	500	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₃	Ст20
31	1200	3,1	2,3	1,6	1,1	0,5	550	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₄	Ст10
32	1000	2,4	1,6	1,0	0,8	0,5	500	21	23	25	4,0	7,7	9	11	P ₂	Ст2
33	1100	4,4	3,3	2,2	1,1	0,6	500	23	25	27	4,2	7,9	12	14	P ₄	Ст45
34	1200	3,6	3,1	2,4	1,9	1,2	550	22	24	26	4,1	7,8	10	12	P ₃	Ст20
35	1400	5,1	4,6	3,5	2,2	1,5	550	24	26	28	4,3	8,0	13	15	P ₃	08пс

Порядок выполнения работы:

1. Повторить теоретический материал.
2. Определение усилия при холодной прокатке.
3. Сдача выполненного расчета.

Ход работы:

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Рассчитать усилия горячей прокатки по методам А.И. Целикова, М. Стоуна.

Форма представления результата:

Расчеты выполнить в отдельной папке на формате А4 по ГОСТам.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог

90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Тема 1.10 Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением
Практическая работа № 11
Проверочный расчет мощности двигателя прокатного стана.

Цель работы: Определить мощность прокатки по вращающему моменту для стана с постоянной скоростью.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать мощность двигателя прокатного стана.

Материальное обеспечение:

- методическая разработка по выполнению расчета мощности двигателя прокатного стана.

Задание:

Варианты заданий для расчета мощности прокатки

Вариант, №	Мощность, кВт
1	1100
2	1100
3	1100
4	1200
5	1300
6	1200
7	1300
8	1500
9	1200
10	1300
11	1250
12	1300
13	1200
14	1100
15	1100
16	1200
17	1300
18	1400
19	1200
20	1250
21	1350
22	1200
23	1100
24	1100
25	1200
26	1200
27	1300
28	1200
29	1300

30	1100
31	1200
32	1300
33	1150
34	1150
35	1400

Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал.
- 2 Рассчитать мощность двигателя прокатного стана.
3. Сдача выполненного расчета.

Ход работы:

Изучить методические указания к данной практической работе. Рассчитать мощность прокатки по вращающему моменту для стана с постоянной скоростью по методике, приведенной в разработке.

Форма представления результата:

Расчеты выполнить в отдельной папке на формате А4 по ГОСТам.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 1.11 Неравномерность деформации
Лабораторная работа № 12**

Изучение неравномерности деформации по толщине. Изучение неравномерности деформации по ширине.

Цель работы: Ознакомиться с неравномерностью деформации по толщине полосы. Изучить основные закономерности деформации при прокатке с неравномерным обжатием по высоте полосы. Ознакомиться с различными проявлениями неравномерности деформации по ширине полосы. Изучить основные закономерности деформации при прокатке с неравномерным обжатием по ширине профиля.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- настраивать лабораторный стан;
- прокатывать образцы;
- определять дефекты проката при с неравномерным обжатием по высоте полосы.

Материальное обеспечение:

- инструкция по выполнению лабораторных работ;
- лабораторный стан;
- штангенциркуль;
- образец из свинца в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 100x10мм.

Задание:

Прокатать образец с заданным обжатием. Произвести расчеты коэффициента высотной деформации.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить рабочее место;
2. Прочитать инструкцию к лабораторной работе;
3. Выполнить лабораторную работу;
4. Оформить отчет о работе;
5. Защитить лабораторную работу.

Ход работы:

Изучить инструкцию к данной лабораторной работе

Прокатать образец, размерами 100x10мм с обжатием, определенным по формуле $\Delta h = 2(R + h_0 - \sqrt{R(R + 2h_0)})$. Привести эскизы образцов в плане и объяснить полученные результаты. По результатам измерений до и после прокатки толщины и ширины образца по верхней и нижней кромке рассчитать коэффициент высотной деформации.

Форма представления результата:

Отчета о проделанной работе должен содержать название и цель работы, эскиз образца, расчеты искомых величин, вывод.

Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

Т.4.3.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Тема 2.1 Прокатное производство

Практическая работа № 1

Характеристика прокатных станов по назначению

Цель:- формирование умений применять полученные знания на практике, обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по теме: Прокатное производство;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

Выполнив работу, Вы будете:**уметь:**

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;
- инструктировать подчинённых о правилах эксплуатации технологического оборудования;

Материальное обеспечение: методические указания к проведению практических занятий

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Вычертить схему производства проката
3. Ознакомиться с классификацией прокатных станов по назначению.
4. Записи сделать в рабочую тетрадь.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить назначение прокатных станов по назначению..
2. Сделать необходимые записи в рабочей тетради.
3. Составить схему производства проката по полученным данным.
4. Схему вычертить в рабочей тетради.
5. Защитить практическую работу.

Краткие теоретические сведения

В соответствии с видом выпускаемой продукции прокатные станы подразделяют на обжимно-заготовочные, сортовые, листовые, трубные и станы специального назначения.

Обжимные станы– блюминги и слябинги – служат для прокатки крупных слитков в массивные заготовки – блюмы и слябы. На заготовочных станах из блюмов или небольших слитков прокатывают заготовки меньших сечений.

Таким образом, обжимные и заготовочные станы служат для производства полупродукта.

Все остальные станы предназначены для получения готового проката.

На сортовых станах прокатывают фасонные профили: круг, уголок, квадрат, балки, швеллер, рельсы и др.

Листовые станы имеют следующие основные разновидности: толстолистовые, тонколистовые, широкополосные.

Трубные станы делятся на станы (агрегаты) для производства бесшовных труб и станы для производства сварных труб.

Станы специального назначения – профилегибочные, колесо- и бандажепрокатные, шаропрокатные и др.

Основной величиной, характеризующей обжимно - заготовочные и сортовые станы является диаметр валков последней чистовой клетки; листовые станы характеризуются длиной бочки валка, от которой зависит возможная ширина прокатываемых на данном стане листов (полос); трубные станы – максимальным наружным диаметром прокатываемых труб.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием к практической работе.
2. Разобрать схемы станов и рабочих клеток по наглядным пособиям.
3. Определить зависимость расположения рабочих клеток от его назначения.
4. Составить схему производства проката.
5. Переписать нужный материал в рабочую тетрадь.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схемы прокатных станов по расположению рабочих клеток. Выводы предоставить в устной форме

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.1 Прокатное производство Практическая работа № 2

Характеристика прокатных станов по расположению и назначению рабочих клетей

Цель:- формирование умений применять полученные знания на практике, обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по теме: Прокатное производство;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;
- инструктировать подчинённых о правилах эксплуатации технологического оборудования;

Материальное обеспечение: методические указания к проведению практических занятий

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Вычертить схемы расположения клетей на станах
3. Ознакомиться с классификацией прокатных станов по расположению рабочих клетей
4. Записи сделать в рабочую тетрадь.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить назначение прокатных станов по назначению..
2. Сделать необходимые записи в рабочей тетради.
3. Составить схему производства проката по полученным данным.
4. Схему вычертить в рабочей тетради.
5. Защитить практическую работу.

Краткие теоретические сведения

По количеству и расположению рабочих клетей прокатные станы разделяют на следующие пять групп: одноклетевые, линейные многоклетевые, последовательные, полунепрерывные и непрерывные.

Одноклетевые станы являются простейшим типом прокатного стана. В состав оборудования стана входят одна рабочая клеть и линия привода рабочих валков, которая состоит из шпинделей, шестеренной клетки, редуктора, муфт и главного электродвигателя. Входящее в линию привода валков оборудование в основном повторяется на прокатных станах с более сложным расположением рабочих клетей. К станам этой группы относятся станы для производства полупродукта (блюминги, слябинги, заготовочные) и готового проката (станы горячей и холодной прокатки).

Наиболее простыми являются линейные многоклетевые прокатные станы, на которых рабочие клетки расположены в одну или более линий. При этом каждая линия приводится от одного электродвигателя.

Одноклетевые станы могут быть реверсивными, когда рабочие валки могут попеременно вращаться в одну и другую сторону, или нереверсивными — рабочие валки вращаются только в одну сторону. Линейные многоклетевые станы используют главным образом как заготовочные, сортовые, рельсобалочные, проволочные и листовые.

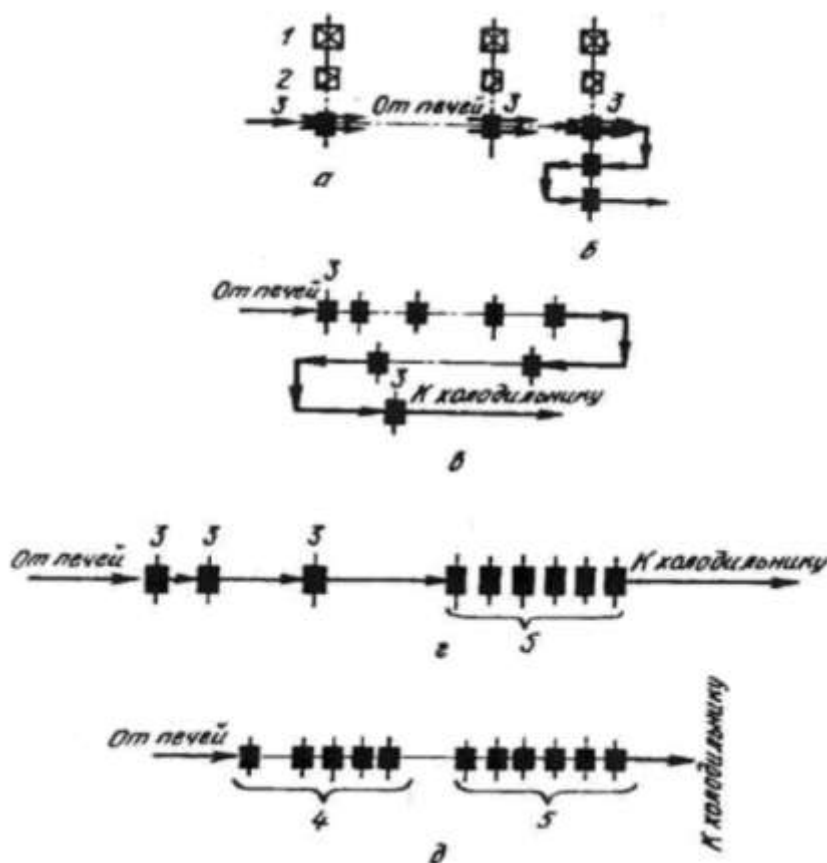


Рисунок 1 - Схема расположения рабочих клеток прокатных станов:

- а — одноклетевой; б — линейный многоклетевый в две линии; в — последовательный; г — полунепрерывный; д — непрерывный:
 1 — двигатель; 2 — шестеренная клетка; 3 — рабочие клетки; 4 — непрерывная черновая группа; 5 — непрерывная чистовая группа

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием к практической работе.
2. Разобрать схемы станков и рабочих клеток по наглядным пособиям.
3. Определить зависимость расположения рабочих клеток от его назначения.
4. Разобрать на какие группы подразделяются прокатные станы по расположению рабочих клеток.
5. Составить схему производства проката.
3. Переписать нужный материал в рабочую тетрадь.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схемы прокатных станков по расположению рабочих клеток. Выводы предоставить в устной форме

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.1 Прокатное производство

Практическая работа № 3

Составление схемы производства

Цель:- формирование умений применять полученные знания на практике, обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по теме: Прокатное производство;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;
- инструктировать подчинённых о правилах эксплуатации технологического оборудования;

Материальное обеспечение: методические указания к проведению практических занятий

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Составить и вычертить схемы производства прокатной продукции
3. Ознакомиться с сортаментом прокатных станков
4. Записи сделать в рабочую тетрадь.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить назначение прокатной продукции
2. Сделать необходимые записи в рабочей тетради.
3. Составить схему производства проката по полученным данным.
4. Схему вычертить в рабочей тетради.
5. Защитить практическую работу

Краткие теоретические сведения

Сталепрокатное производство обычно входит в заводы с полным металлургическим циклом и является самым крупным, так как по площади цехов и количеству работающих, по количеству и стоимости оборудования и другим показателям прокатные цехи занимают более половины всего металлургического завода и несут основную нагрузку по формированию прибыли завода. Поэтому наибольшую долю капитальных вложений вкладывают в этот передел, затрачивая значительные средства на внедрение современных разработок, как в части технологий, так и в части оборудования и инструмента.

Среди большого разнообразия продукции прокатного производства основными видами продукции являются плоский и сортовой прокат. Общая схема получения плоского и сортового проката из стали представлена на рис. 4.14.

Заготовку для сортового проката называют *блум*, а для листового проката - *сляб*.

Блум - это черновая заготовка квадратного сечения со стороной от 140 до 450 мм и длиной 6-10 м, получаемая прокаткой крупных слитков (до 25 т) на блюмингах.

Для изготовления блюда используют две технологии. Первую применяют для слитков из углеродистых сталей массой от 7 до 13 т. У легированных и высоколегированных сталей масса слитка значительно ниже, и прокатку могут вести не на блюминге, как для углеродистых сталей, а сразу на заготовочном стане. Для второй технологии получения блюмов используют машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), в которых из кристаллизатора требуемого сечения непрерывно выходит заготовка, разрезаемая затем на литые мерные блюмы.

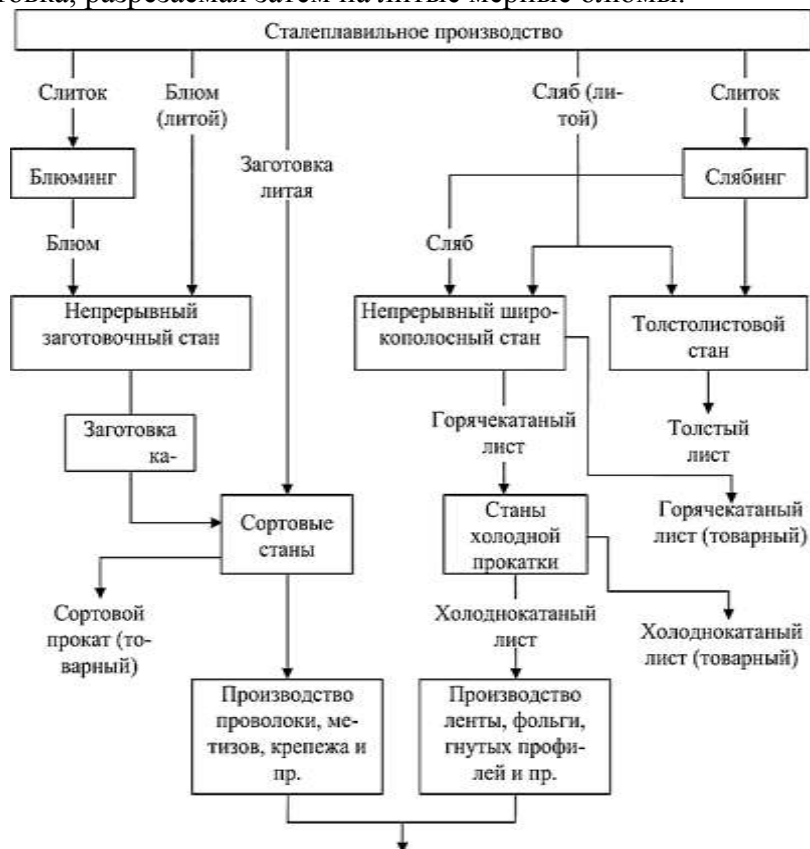


Рисунок 2 – Технологическая схема производства сортового и листового проката

Литые блюмы, полученные по второй технологии, дешевле, но обычно содержат примеси, неметаллические включения, которые раскатываются в виде дефекта, получившего название «дорожка». Этот вид дефекта не устраняется в готовом прокате, снижая его свойства. Очистка жидкого металла перед разливкой приводит к удорожанию процесса. Кроме того, площадь поперечного сечения литого блюда, особенно для мелких исходных сечений, не обеспечивает качественной проработки литой структуры, что также отрицательно отражается на свойствах готового проката. Блюмы, получаемые прокаткой слитков, дороже, но выше по свойствам, чем литые, так как примеси в них концентрируются в прибыльной части слитка, которая при прокатке на блюминге отрезается.

В последнее время новые технологии очистки жидкого металла, а также применение более дешевых МНЛЗ радиального и особенно горизонтального вида расширяют возможности применения литых блюмов. Подтверждением этого является

то, что уже во многих странах основная часть сортового проката производится из литой заготовки.

Заготовка для листового проката - *сляб*, имеет прямоугольное сечение толщиной 150-300 мм, шириной 1 000-2 000 мм и длиной до 18 м. Масса сляба колеблется от 5 до 40 т. При этом отношение ширины поперечного сечения сляба к его высоте составляет от 3 до 12. Слябы могут быть литыми и катаными с теми же достоинствами и недостатками, которые рассматривались для блюмов. В настоящее время слябы являются основными полуфабрикатами для производства листа. Наблюдается также тенденция отливки не только крупных слябов, но и тонких слябов толщиной около 50 мм, которые предназначены для прокатки листов на минизаводах.

Производство стального проката (см. рис. 4.14) условно разбивают на два этапа. На первом этапе получают блюм или сляб.

Производство блюмов и слябов заключается в следующем. Из сталеплавильного цеха слитки поступают в обжимный цех, затем их загружают в нагревательные колодцы для нагрева до требуемой температуры и выравнивания температуры по сечению слитка. Затем нагретые слитки краном помещают на рабочие ролики рольганга прокатного стана и подвергают прокатке в несколько проходов в рабочей клетке блюминга или слябинга, работающей в реверсивном режиме. Как правило, одновременно прокатывают два слитка.

После прокатки блюмы или слябы подают в машину огневой зачистки, в которой с помощью газовых горелок сжигается поверхностный слой на заготовке вместе с поверхностными трещинами.

Следующей операцией является резка проката на пресс-ножницах, при которой от слитка отрезаются головная и донная части, затем оставшаяся часть (тело слитка) режется на части длиной не более 700 мм и подвергается прокатке на непрерывно-заготовочном стане. После прокатки блюмы (слябы) разделяют на мерные длины, передают на приемные стеллажи и далее направляют на охлаждение, режим которого зависит от марки стали.

Прокатку блюмов и слябов осуществляют за несколько проходов, число которых зависит от размеров исходного слитка и конечных размеров блюма (сляба). Обычно слиток прокатывают до заданных размеров блюма за 11-15 проходов. При прокатке на блюминге приходится перемещать полосу (раскат) между проходами от калибра к калибру вдоль оси валков.

Работа современного блюминга полностью автоматизирована. Автоматизация управления нажимным устройством обеспечивает точное перемещение верхнего вала в соответствии с заданным режимом обжатия слитка по проходам. Автоматизация управления главным двигателем блюминга обеспечивает реверсирование валков, повышает скорость вращения двигателя после захвата металла валками и снижает скорость вращения при буксовании валков в момент захвата полосы, регулируется также скорость выхода металла из валков.

Слябинги, предназначенные только для прокатки слябов, распространены меньше блюмингов, так как для обычного сортамента проката на металлургических заводах требуются в качестве исходного полупродукта и блюмы, и слябы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием к практической работе.
2. Разобрать схемы производства прокатной продукции по наглядным пособиям.
3. Разобрать на какие группы подразделяются схемы производства.
5. Составить схему производства проката.
3. Переписать нужный материал в рабочую тетрадь.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схемы прокатных станов по расположению рабочих клеток. Выводы предоставить в устной форме

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.2 Ковочно- штамповочное производство

Практическая работа № 4

Определение технологических параметров ковки и штамповки.

Цель работы: Определение необходимых технологических параметров процессов ковки и штамповки для получения конкурентоспособной продукции.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

-применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением

Материальное обеспечение: Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Необходимые записи сделать в рабочую тетрадь.
2. Сделать выводы.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания к проведению практической работы.
2. Выполнить задание.
3. Сделать выводы.

Краткие теоретические сведения

Ковка – это процесс обработки металлов давлением, при котором необходимое изменение форм и размеров заготовок достигается путем ударов или нажимов бойками, не ограничивающих течение металла в плоскости перпендикулярной оси приложения давления. К достоинствам ковки относится возможность обрабатывать давлением крупные слитки, масса которых достигает нескольких сотен тонн, улучшая структуру и механические свойства обрабатываемого металла и исправляя дефекты литого металла.

В качестве исходного материала для ковки применяют стали всех марок, алюминиевые, магниевые, титановые сплавы, а также сплавы на основе меди и никеля.

Ковка слитков протяжкой из цветных сплавов в одном направлении при достаточных степенях обжима приводит к измельчению зерна с образованием волокнистой структуры. При этом повышаются показатели механических свойств, однако одновременно возникает их анизотропия в продольном и поперечном направлениях, которую устраняют ковкой в трех взаимно перпендикулярных направлениях по схеме осадка – протяжка – осадка.

Дляковкипоковокнебольшоймассыиспользуетсяразличныйпрокат,такойкакблюмы,катанкакруглогоиквадратногосечения(сортовойпрокат),периодическиеисортовыепрофили.Крометого,кузницаперерабатываетпрутки,полученныеволочениемипрессованием.

Кдостоинствуковкиотносятвозможностьспомощьюпростогоидешевогоинструментаизготавливатьпоковкиразнообразнойформыиразмеровлюбоймассы(отгаекиболтовдоколенчатыхваловсовременныхкораблей).

Главнымпреимуществомпроцессаковкиявляетсявозможностьобрабатыватькрупныеслиткиизаготовки.Втяжеломмашиностроенииколичествокованныхпоковокдостигает90%,ававтомобилестроении(серийноеимассовоепроизводство)до98%ихизготавливаютсяобъемнойштамповкой.Поэтомупотребность,атакжевидиобъемпродукцииобуславливаетприменение

Ковка–этопроцессобработкиметалловдавлением,прикоторомнеобходимоеизменениеформиразмеровзаготовокдостигаетсяпутемударовилинажимовбойками,неограничивающихтечениеметаллавлоскостиперпендикулярнойосиприложениядавления.Кдостоинствамковкиотноситсявозможностьобрабатыватьдавлениемкрупныеслитки,массакоторыхдостигаетнесколькихсотентонн,улучшаяструктуруимеханическиесвойстваобрабатываемогометаллаиисправляядефектылитогометалла.

Вкачествеисходногоматериаладляковкиприменяютсталивсехмарок,алюминиевые,магниеые,титановыесплавы,атакжесплавынаосновемедииникеля.

Ковкаслитковпротяжкойизцветныхсплавовводномнаправлениипридостаточныхстепеняхобжимаприводиткизмельчениюзернасобразованиемволокнистойструктуры.Приэтомповышаютсяпоказателимеханическиесвойств,однакоодновременновозникаетиханизотропиявпродольномипоперечномнаправлениях,которуюустраняютковкойвтрехвзаимноперпендикулярныхнаправленияхпосхемеосадка–протяжка–осадка.

Дляковкипоковокнебольшоймассыиспользуетсяразличныйпрокат,такойкакблюмы,катанкакруглогоиквадратногосечения(сортовойпрокат),периодическиеисортовыепрофили.Крометого,кузницаперерабатываетпрутки,полученныеволочениемипрессованием.

Кдостоинствуковкиотносятвозможностьспомощьюпростогоидешевогоинструментаизготавливатьпоковкиразнообразнойформыиразмеровлюбоймассы(отгаекиболтовдоколенчатыхваловсовременныхкораблей).

Главнымпреимуществомпроцессаковкиявляетсявозможностьобрабатыватькрупныеслиткиизаготовки.Втяжеломмашиностроенииколичествокованныхпоковокдостигает90%,ававтомобилестроении(серийноеимассовоепроизводство)до98%ихизготавливаютсяобъемнойштамповкой.Поэтомупотребность,атакжевидиобъемпродукцииобуславливаетприменениековки.Ковкуиспользуютвединичномимелкосерийномпроизводстве.Кеенедостаткамможноотнестизначительныйрасходметалла(коэффициентиспользованияметалласоставляет37%)инизкуюпроизводительностьпосравнениюсобъемнойштамповкой.

Нагревзаготовокпередковкойсопровождаетсяизменениемструктурыимеханическиесвойствисходногоматериала.Спревышениемтемпературыметалласвышевеличины,составляющейдиапазон0,3–0,4оттемпературыплавления,начинаютпротекатьпроцессывозвратаи рекристаллизации.Ковочныетемпературынаходятсямеждутемпературамиплавленияиинтенсивнойрекристаллизациейсплава.Болеенизкиетемпературыотносятсякхолодномудеформированию.Принагревезаготовоквслучаенесоблюдениятехнологическихтребованиймогутиметьместоявленияперегреваипережога.Первоеведеткростуззеренирезкомуснижениюмеханическиесвойств,автороесопровождается

окислением поверхности зерен и полной потерей пластических свойств. Поэтому выбор температур нагрева заготовок является важной технологической задачей.

Температурный интервалковки – это максимальная температура нагрева металла в печи (верхний предел) и температура окончания процесса деформации поковок (нижний предел). Различают допустимый и рациональный температурные интервалыковки. Допустимый является более широким и не зависит от размеров и формы поковок, а рациональный назначается с учетом опыта освоения технологического процесса для конкретных заводских условий. Допустимые интервалы для некоторых сплавов приведены в табл. 5.

В качестве основного оборудования дляковки применяют прессы и молоты. Выбор оборудования зависит от технологии получения поковок, заданной программы выпуска и особенностей деформации обрабатываемого сплава. В качестве инструмента дляковки применяют плоские, вырезные или плоско-вырезные бойки.

Ход работы:

1. Ознакомиться со схемой технологического процессаковки и штамповки.
2. Изучить основные и вспомогательные операцииковки и штамповки.
3. Изучить основные технологические операции при производстве изделийковкой и штамповкой.
4. На основании выбора технологических операций составить алгоритм определения технологических параметров для операцииковки и штамповки.
5. Разработать чертежкованой поковки на основании чертежа детали, поставляемой заказчику.
6. На размеры детали установить припуски на механическую обработку.
7. Рассчитать массу исходной заготовки.
8. Выбрать исходный материал для поковки.
9. Определить степень деформации поковки используя такой критерий как уков.
10. Разработать основные технологические переходы при получении поковки.
11. Определить термический режим для нагрева и охлаждения поковки.
12. Выбрать оборудования для процесса получения поковки.
13. Скомпоновать в технологическую схему все произведенные операции.
14. Сделать записи в рабочей тетради.
15. Подготовить защиту данной практической работы.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; алгоритм определения технологических параметров операцииковки и штамповки. Выводы предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.2 Ковочно- штамповочное производство

Практическая работа № 5

Построение технологического процесса производства поковок

Цель работы: Изучить основные принципы построения технологической цепочки производства поковок.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

-применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением

Материальное обеспечение: Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.

2. Необходимые записи сделать в рабочую тетрадь.

2. Сделать выводы.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания к проведению практической работы.

2. Построить технологическую маршрутную карту изготовления поковок по индивидуальным данным.

4. Сделать записи в рабочую тетрадь.

5. Сделать выводы.

Краткие теоретические сведения

Поковка представляет собой промежуточную заготовку или готовое изделие из металла или сплава, которое получают путемковки или объемной горячей штамповки. Поковки используются в различных отраслях промышленности и служат для минимизации издержек при обработке деталей за счет уменьшения стружки, количества операций и сокращения затраченного времени. Максимальное соответствие поковки помогает сэкономить средства на ее последующую обработку. В зависимости от вида сечения различают поковки следующих видов: квадратные, круглые, прямоугольные, многоугольные.

Методы производства поковок

По методу изготовления поковки делятся на:

Кованые - изготавливаются с помощью кувалд, молотов и многотонных прессов. Данный способ повышает пластичность металла, однако точность форм и размеров поковок уступает штампованным заготовкам;

Штампованные - производятся в штампе путем деформации металла в форму.

Существует 2 метода штамповки:

Горячий – требует предварительного нагревания металла, что помогает получить необходимую форму заготовки за счет придания металлу пластичности и эластичности;

Холодный - выполняется без нагрева металла.

Штамповка позволяет производить сразу несколько поверхностей заготовок с точными размерами и гладкой и ровной поверхностью.

Это позволяет значительно снизить расходы на материал и увеличить производительность.

При изготовлении поковок необходимо уделить особое внимание соблюдению требований технологического процесса, что поможет избежать дефектов заготовок.

Одной из причин получения бракованных изделий является применение некачественных материалов. Кроме того, несоответствие температурных режимов при нагреве, неправильное использование методовковки, применение неисправных инструментов также может негативно отразиться на качестве поковки. В результате могут возникнуть такие дефекты как трещины, внутренние разрывы, расслоение, складки, вмятины, раковины. После прохождения всех этапов обработки металлические поковки подлежат проверке контроля качества, которое должно соответствовать технологическим нормам и стандартам. Дефекты могут быть как исправимыми, так и неисправимыми. К исправимым дефектам относятся небольшие трещинки, складки, нажимы и малый перегрев, которые подлежат устранению. Неисправимыми дефектами считаются глубокие поперечные и продольные трещины, рыхлость, значительный перегрев и неметаллические включения. Такие поковки непригодны для дальнейшего применения и поэтому сразу бракуются.

Операция - это часть технологического процесса, которая выполняется на одном рабочем месте с использованием определенной группы инструмента и включает в себя последовательность действий над заготовкой с целью получения поковки требуемой формы и заданных свойств. Операция состоит из серии переходов. Переход - это часть операции, в процессе которой обрабатывается один участок заготовки одним и тем же инструментом на одном рабочем месте.

Осадка - операция, заключающаяся в увеличении площади поперечного сечения заготовки при уменьшении ее высоты (рис. 1). Осадку производят бойками или осадочными плитами. Для получения качественной поковки рекомендуется исходную цилиндрическую заготовку выбирать с отношением ее высоты $h_{\text{заг}}$ к диаметру $d_{\text{заг}}$ не более 2,5, во избежание возможного продольного искривления изделия. Торцы заготовки должны быть ровными и параллельными. Разновидностью осадки является высадка, при которой металл осаживают лишь на части длины заготовки 1 за счет использования подкладного инструмента 2, в результате чего формируется местное утолщение поковки (рис. 3).

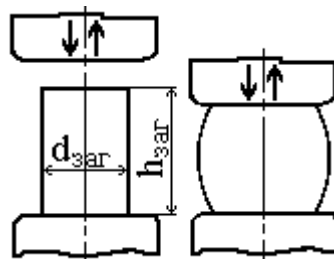


Рисунок 3 - Схема осадки

Протяжка - операция, заключающаяся в уменьшении площади поперечного сечения заготовки или ее части за счет удлинения заготовки. Протяжка осуществляется последовательными ударами или обжатиями отдельных, примыкающих друг к другу участков заготовки при ее подаче вдоль своей оси (рис. 3). Сумма определенного числа ударов или обжатий, выполняемых последовательно до определенной толщины заготовки, называется проходом. Два последовательных обжатия с промежуточной кантовкой (поворотом) поковки на 90° называются переходом.

Протяжку выполняют плоскими или вырезными бойками. Ковка в вырезных бойках (рис. 5) позволяет избежать ковочных трещин (особенно в случае протяжки осесимметричных заготовок) при ковке низко - пластичных сталей и сплавов и получить более точные размеры поковки.

Деформация при протяжке выражается величиной уковки, и характеризуется отношением площади поперечного сечения исходной заготовки $F_{\text{Нк}}$ к площади конечного поперечного сечения $F_{\text{К}}$.

$$U = F_{\text{Нк}} / F_{\text{К}}$$

Чем больше уковка, тем лучше структура металла и выше его механические свойства. Поэтому протяжку применяют не только для получения поковок требуемой формы, но и для повышения качества металла.

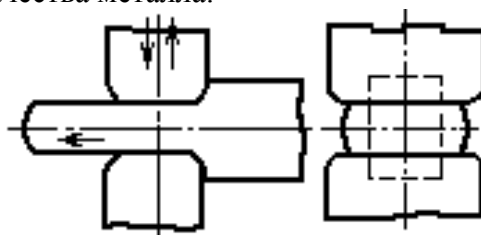


Рисунок 4 - Схема протяжки

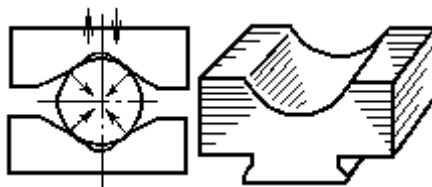


Рисунок 5 - Ковка в вырезных бойках

Прошивка - операция получения сквозных или глухих полостей в заготовке за счет вытеснения металла из зоны его контакта с инструментом (рис. 6). Прошивка является самостоятельной операцией, служащей для образования углублений или отверстия в поковке либо подготовительной операцией для последующей протяжки или раскатки заготовки на оправке. Инструментом для прошивки являются прошивни, сплошные и пустотелые (рис. 5). Отверстия диаметром до 500 мм пробивают сплошным прошивнем с применением подкладного кольца, а отверстия большего диаметра прошивают полым прошивнем. Диаметр прошивня должен быть не более $1/2 - 1/3$ наружного диаметра заготовки. При большем диаметре прошивня форма поковки значительно искажается. В высоких поковках сначала прошивают отверстие с одной стороны (примерно на $3/4$ глубины), а затем этим же прошивнем заканчивают прошивку с другой стороны, перевернув поковку на 180° . При сквозной прошивке тонких поковок 1 применяют подкладные кольца 2. Прошивка сопровождается отходом части металла 3, которую называют выдрой (рис. 7).

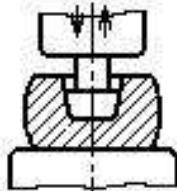


Рисунок 6 - Схема глухой прошивки

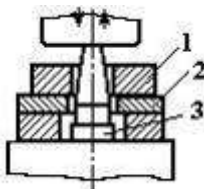


Рисунок 7 - Схема прошивки отверстия

Отрубка - операция полного отделения части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента. Инструментом для рубки служат прямые и фигурные топоры и зубила (рис. 8). Отрубку топорами осуществляют для удаления прибыльной и донной частей слитка, излишков металла на концах поковок или для разделения длинной заготовки на более короткие части. Разновидностью отрубки является надрубка, служащая для образования в поковке уступов, заплечиков.



Рисунок 8 - Топоры

Гибка - операция образования или изменения углов между частями заготовки или придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру (рис. 9). Гибку осуществляют с помощью различных опор, подкладок, приспособлений и в подкладных штампах. Этой операцией получают угольники, скобы, крюки, кронштейны и т.п. При выборе исходной заготовки следует учитывать искажение первоначальной формы и уменьшение площади поперечного сечения поковки в зоне изгиба, называемое утяжкой. Для компенсации утяжки в зоне изгиба заготовке придают увеличенные поперечные размеры. При гибке возможно образование складок по внутреннему контуру и трещин по наружному. Во избежание этого явления по заданному углу изгиба подбирают соответствующий радиус скругления.

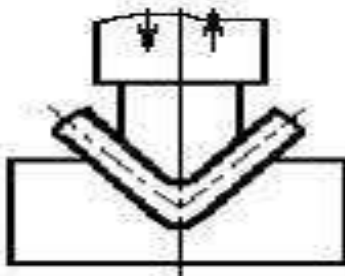


Рисунок 9 - Схема гибки

Ход работы:

1. Ознакомиться со схемой технологического процессаковки и штамповки.
2. Изучить основные и вспомогательные операцииковки и штамповки.
3. Изучить основные технологические операции при производстве изделийковкой и штамповкой.
4. На основании выбора технологических операций составить алгоритм определения технологических параметров для операцииковки и штамповки.
5. Скомпоновать в технологическую схему все произведенные операции.
6. Сделать записи в рабочей тетради.
7. Подготовить защиту данной практической работы.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; алгоритм определения технологических параметров операцииковки и штамповки. Выводы предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.2 Ковочно-штамповочное производство

Практическая работа №6

Выбор термической обработки для улучшения механических свойств прокатной продукции

Цель работы: Изучить рекомендации по выбору термической обработки для получения удовлетворительных свойств прокатной продукции.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

-применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

Материальное обеспечение: Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Подобрать термическую обработку для производстве проката по заданным данным.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для защиты практической работы.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы №6 сделать выбор термической обработки для прокатной продукции по полученным от преподавателя исходным данным.
2. Сделать записи в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Определить основные этапы выбора термической обработки для данного вида проката.
2. Определить вид термической обработки для получения необходимых механических свойств продукции.
3. Определить оптимально допустимый температурный интервал термической обработки для данной марки стали.
4. Выбрать режим и скорость охлаждения для данного вида прокатной продукции.
5. Защитить практическую работу.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, записи о выборе термической обработке. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.2 Ковочно- штамповочное производство
Практическая работа №7
Расчет матриц для прессования

Цель работы: Научиться рассчитывать основные параметры матриц для прессования

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

-применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

Материальное обеспечение: Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести расчеты матриц для процесса прессования на прочность.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы № 7 произвести расчеты матрицы на прочность основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

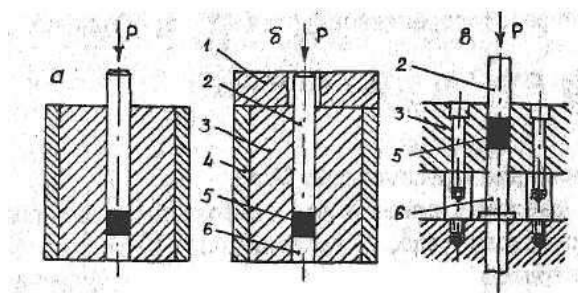
Таблица 1- Исходные данные

№ варианта	Диаметр трубы, внутр и внеш, мм	Внутр. диаметр контейнера, мм	Диаметр иглы, мм	Усилие прессования
1	150\142	200	218	40
2	155\147	203	220	45
3	160\152	207	222	50
4	165\157	210	224	52
5	170\162	212	226	54
6	175\166	214	228	56
7	180\173	216	230	52
8	185\177	218	235	57
9	190\182	220	240	60
10	195\187	225	242	62
11	200\191	230	250	65
12	205\194	235	252	63

13	210\202	240	260	67
14	215\207	245	265	69
15	220\212	250	270	72
16	225\216	252	275	70
17	230\222	255	274	74
18	235\227	260	272	75
19	240\232	263	280	77
20	245\237	265	283	80
21	250\242	270	285	83
22	255\244	272	287	88
23	260\252	276	237	86
24	265\257	280	268	84

Ход работы:

1. Ознакомиться принципиальными схемами конструкции матриц для прессования.
2. Ознакомиться с последовательностью расчета консольных элементов матрицы.
3. Ознакомиться с расчетом на прочность комбинированной матрицы.
4. Ознакомиться с расчетом одноканальных матриц с отверстием простой формы.
5. Ознакомиться с расчетом одноканальной матрицы с отверстием простой формы.
6. Основываясь на методические указания рассчитать на прочность матрицу для прессования профиля трамвайной дуги по индивидуальным данным.
7. Основываясь на методические указания рассчитать на прочность рассекатель комбинированной матрицы пресса по индивидуальным данным.
8. Расчеты записать в тетрадь и сдать преподавателю для проверки.



а, в - по давлению; б- до упора в ограничительное кольцо; а, б – ручное; в- автоматическое прессование; 1- ограничительное кольцо; 2-пуансон верхний; 3- матрица; 4 - обойма; 5 – прессовка; 6 – пуансон нижний.

Рисунок 10 - Схема для одностороннего прессования:

При одностороннем прессовании давление прикладывается только к одному, как правило, верхнему пуансону. Двухстороннее прессование выполняется с приложением нагрузки поочередно или одновременно к верхнему и нижнему пуансонам или с помощью подвижной (плавающей) матрицы.

Прессование до упора в ограничительное кольцо используется тогда, когда необходимо получить высокую точность размеров спрессованных изделий по высоте. Выпрессовка изделий осуществляется с помощью специальной подкладки или кольца, устанавливаемых под нижним или над верхним пуансонами, или без них (при автоматическом прессовании) путем перемещения нижнего пуансона или матрицы.

При определении давления прессования можно использовать уравнения прессования М.Ю.Бальшина - известного ученого-металловеда, которые связывают плотность брикета с давлением прессования.

Уравнения М.Ю.Бальшина достаточно просты и выведены при определенных допущениях:

- 1) отсутствуют разрывы в уплотняемой среде
- 2) отсутствует упрочнение материала в процессе нагрузки
- 3) отсутствует межчастичная деформация
- 4) контактное давление между частицами порошка постоянно
- 5) возможно распространение закона Гука на пластическую деформацию.

Наиболее распространенное уравнение прессования имеет следующий вид:

$$\lg P = -m \cdot \lg \beta + \lg P_{\max}$$

где P - давление прессования, МПа

P_{\max} - давление прессования, необходимое для получения беспористого тела, МПа. β - относительный объем прессовки, связанный с относительной плотностью:

$$\beta = 1/\nu$$

$$\nu = \rho_{\text{пресс}} / \rho_{\text{комп}}$$

$\rho_{\text{пресс}}$ - плотность прессовки, г/см³ ;

$\rho_{\text{комп}}$ - плотность компактного материала, г/см³;

m - показатель прессования, определяется опытным путем или приближенно по формуле: $m = 2 + V / (V - V_0)$

где V_0 - относительная плотность порошкового тела до приложения нагрузки;

V - текущее значение относительной плотности спрессованного при определенном давлении брикета

Таблица 2 - Значения физических показателей для различных материалов

Материал	Насыпная плотность, ρ , г/см ³	Плотность компактного материала, ρ , г/см ³	Твердость НВ _{max} , МПа
Свинец	5,4 - 5,7	11,3 - 11,4	
Олово	3,2 - 3,8	7,3	
Алюминий	1,0 - 1,7	2,5 - 2,7	
Серебро	1,8 - 2,2	10,5	
Медь	1,5 - 2,5	8,3 - 8,9	920 - 1090
Железо	1,8 - 3,0	7,5 - 7,85	1260 - 1380
Вольфрам	2,4 - 4,0	19,8	

Для ряда порошков (железо, медь) величина показателя прессования сохраняет постоянное значение в довольно широком интервале давлений, значение его для любых порошков составляет более трех $m > 3$.

Усилие прессование (P) определяется по формуле:

$$P = p \cdot S \cdot n$$

где p - давление прессования, Па;

S - площадь поперечного сечения рабочей полости матрицы, м²;

n - количество одновременно прессуемых деталей.

Усилие пресса составляет:

$$P_{\text{пресса}} = K \cdot P$$

где K - коэффициент запаса мощности, равный 1,5.

Высота матрицы (H , см) рассчитывается по формуле:

$$H = \rho_k / \rho_{\text{нас}} \cdot (h + L)$$

где h - высота спрессованного изделия с учетом допуска на размер, припуска на дополнительную обработку, упругого расширения и усадки по высоте, см;

$L = 1,5-2,0$ см - высота заходной части матрицы под верхний и нижний пуансоны ($l_B + l_H$).

Высоту спрессованного изделия h (мм) рекомендуется принимать наибольшей:

$$h_{\max} = h_n + Ah/2 + \varepsilon \pm \lambda - \delta$$

где h_n - номинальный размер изделия по высоте, мм;

A_h - допуск на размер, h , мм;

ε - припуск на дополнительную обработку, мм;

$\varepsilon = 0,2 - 0,5$ мм (при $h_n < 50$ мм $\varepsilon = 0,2$, при $h_n > 50$ мм $\varepsilon = 0,5$)

Размер рабочей полости матрицы (мм) учитывает упругое последствие, усадку и припуск на дополнительную обработку:

$$D = D_n + A_d/2 - \delta \pm \lambda + \varepsilon$$

где D - внутренний диаметр или поперечный размер полости матрицы, мм;

D_n - номинальный наружный размер, мм;

A_d - допуск на размер D_n , мм;

δ - упругое последствие по размеру D_n , мм;

λ - изменение диаметра D_n при спекании: (+) - при уменьшении размера, (-) - при увеличении размера, мм;

ε - припуск на дополнительную обработку по размеру D_n , мм.

Диаметр пуансона (стержня), формирующего внутреннее отверстие в изделии $d_{ст}$ (мм), определяется:

$$d_{ст} = d_n + A_d/2 - \delta \pm \lambda - \varepsilon$$

где d_n - размер отверстия в детали, мм.

Высота верхнего пуансона (мм) определяется:

$$h_{n1} = H + h,$$

где H - высота матрицы, мм;

h - высота части пуансона, предназначенной для крепления его в пуансонодержателе, мм (составляет 5 - 10 мм, если пуансон не устанавливается в пуансонодержателе).

Высота нижнего пуансона, h_{n2} (мм), соответствует высоте нижней заходной части матрицы и составляет 10-15мм.

Наружный диаметр цилиндрической матрицы (мм) определяется по формуле:

$$D_2 = D_1 \sqrt{([\sigma] + \rho \cdot v) / ([\sigma] - \rho \cdot v)}, \text{ мм}$$

где D_1 - диаметр прессуемого изделия, мм;

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение на растяжение материала матрицы, МПа;

ρ - максимальное давление прессования, МПа;

v - коэффициент Пуансона.

На практике часто используют эмпирическую зависимость:

$$D_2 > 3D_1 \text{ и } D_3 > D_1$$

где D_1 - диаметр внутренней полости матрицы, мм;

D_2 - наружный диаметр матрицы, мм;

D_3 - наружный диаметр обоймы, мм

Таблица 3- Материалы для деталей пресс-форм

Наименование деталей	Марка стали	Твердость после термообработки
основная	заменитель	
Пуансоны и матрицы:		
простой конфигурации	У8А	У10А

средней сложности	9ХС, 12Ф1	У8А, У10А
высокой сложности	Х12Ф1, ХНГ	ШХ15, ХГ
работающие с подогревом до 470 градусов	Х12Ф1, 9ХС	У10А
Матрицы для прессования твердых порошков	3Х2В8(Азотированные)	-
Кольца ограничительные	У7А	Сталь 45
Обоймы предохранительные	Сталь 35	Сталь 45
Направляющие втулки	20Х (цементированная)	10Х
Упоры, фиксаторы	Сталь 45	У8А

Коэффициент Пуансона $\nu=0,3$. Допускаемое напряжение $[\sigma]=350$ МПа.
Длину конусного участка L можно приблизительно определить по формуле:

$$L = (h_3 - h) / 2, \text{ мм}$$

где h - высота прессуемой детали, мм;

h_3 - высота засыпки порошка, мм.

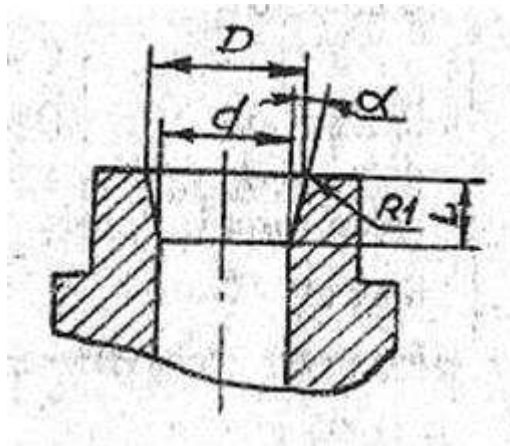


Рисунок 2 11 – Конусная матрица

Высота засыпки порошка h_3 определяется из следующих соотношений:

а) навеска порошка

$$m = V \cdot \rho_k \cdot \nu \cdot k_1 \cdot k_2,$$

где m - масса навески порошка, г;

V - объем готового изделия, см^3 ;

ρ_k - плотность компактного материала, $\text{г}/\text{см}^3$;

ν - относительная плотность детали;

k_1 - коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании в зависимости от точности изготовления деталей пресс-форм, составляет 1,005-1,01;

k_2 - коэффициент, учитывающий потери массы детали при спекании в результате выгорания примесей и восстановления окислов, составляет 1,01-1,03;

$$\text{б) } V_H (\text{см}^3) = m / \rho_H,$$

в) h_3 (высота засыпки) = V_H / S , где S – площадь поперечного сечения детали.

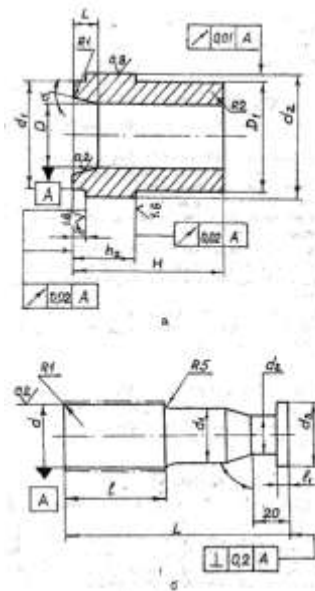


Рисунок 3 12 – Схема матрицы и стержня

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчеты матриц на прочность. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока.

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.3 Метизное производство

Практическая работа №8

Расчет маршрута волочения

Цель работы: Выполнить расчет маршрута волочения по индивидуальным данным.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

-применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

Материальное обеспечение: Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.

2. Произвести расчет маршрута волочения по индивидуальным данным.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы № 8 произвести расчет маршрута волочения основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с рекомендациями проведения расчета маршрута волочения.
2. Произвести расчет маршрута волочения для машины магазинного типа по индивидуальным данным.
3. Полученные данные свести в таблицу.
4. Вычертить схематично маршрут волочения проволоки заданного диаметра.
5. Расчеты записать в тетрадь и сдать преподавателю для проверки.

Таблица 4- Исходные данные

Диаметр заготовки, мм	Диаметр готовой проволоки, мм
10	3
9	4
9,5	4
8,7	4,3
8,0	5,0
7,8	5,2
7,0	5,0
6,9	2,7
6,7	3,0
6,0	3,0
6,5	2,5
6,3	3,1
5,8	2,3
5,5	3,0
5,0	2,0
9,3	5,0
8,5	4,0
7,5	5,0
6,5	3,5

Рассчитаем маршруты волочения для производства сварочной и арматурной проволоки. Расчет произведем для сварочной проволоки номинальным диаметром 1,0 мм из катанки диаметром 5,5 мм, марка стали Св-08.

Проволоку из низкоуглеродистых сталей подвергают волочению с суммарными обжатиями до 98% [7]

$$\delta_{\text{сум}} = 0,98 - \text{суммарное обжатие}$$

Зная связь между вытяжкой и обжатием, определим значение вытяжки при заданном суммарном обжатии:

$$\mu_{\Sigma} = \frac{1}{1 - \delta_{\text{сум}}}$$

$$\mu_{\Sigma} = \frac{1}{1-0,98} = 50$$

Рассчитаем временное сопротивление разрыву холоднотянутой проволоки из низкоуглеродистой стали:

$$\sigma_B = \sigma_B^0 + k * \delta_{\Sigma} ,$$

где коэффициент $k=58$ для отожженной заготовки

$$\sigma_B = 300 + 58 * 0,98 = 356,84 \text{ Н / мм}^2$$

Найдем значение диаметра передельной проволоки из выражения

$$\sigma_{\epsilon} = \sigma_{\epsilon}^0 * \sqrt{\frac{d_0}{d_i}} ,$$

где $d_n^{1/2} = \frac{\sigma_0^{1/2} * d_0^{1/2}}{\sigma_B^{1/2}} ,$

подставив исходные данные получим: $d_n = 2,22$ – значение диаметра передельной проволоки;

Рассчитаем значение площади поперечного сечения передельной и готовой проволоки

F_n – значение площади поперечного сечения передельной проволоки, мм^2

$$F_n = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,22^2}{4} = 3,86 \text{ мм}^2$$

F_k – площадь поперечного сечения готовой сварочной проволоки, мм^2

$$F_k = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * (1,0)^2}{4} = 0,785 ;$$

2. Рассчитываем силу волочения при отсутствии противонапряжения. Определяется она по методу Р.Б. Красильщикова:

$$P = 0,6 D_0^2 * G_{в.ср} \sqrt{d_0^2 - d_1^2} / d_0^2$$

Где, $G_{в.ср}$ – предел прочности, определяется для каждой марки стали

$$G_{в.ср} = G_{в.н} - G_{в.к} / 2$$

Где, $G_{в.н}$ и $G_{в.к}$ – пределы прочности проволоки до и после протяжки соответственно;

$d_0^2 - d_1^2$ - диаметры проволоки до и после волочения, мм.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчеты маршрута и усилия волочения. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.3 Метизное производство
Практическая работа №9
Расчет усилия волочения

Цель работы: Выполнить расчет усилия волочения по индивидуальным данным.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

-применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

Материальное обеспечение: Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести расчет усилия волочения по индивидуальным данным.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций произвести расчет усилия волочения основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с рекомендациями проведения расчета усилия волочения.
2. Произвести расчет усилия волочения для машины магазинного типа по индивидуальным данным.
3. Полученные данные свести в таблицу.
4. Произвести расчет усилия волочения по формуле Р.Б. Красильщикова.
5. Произвести расчет усилия волочения по формуле И.Л. Перлина.
6. Расчеты записать в тетрадь и сдать преподавателю для проверки.

Таблица 4- Исходные данные

Диаметр заготовки, мм	Диаметр готовой проволоки, мм
10	3
9	4
9,5	4
8,7	4,3
8,0	5,0
7,8	5,2
7,0	5,0
6,9	2,7
6,7	3,0
6,0	3,0
6,5	2,5
6,3	3,1
5,8	2,3
5,5	3,0
5,0	2,0

9,3	5,0
8,5	4,0
7,5	5,0
6,5	3,5

Рассчитаем маршруты волочения для производства сварочной и арматурной проволоки. Расчет произведем для сварочной проволоки номинальным диаметром 1,0 мм из катанки диаметром 5,5 мм, марка стали Св-08.

Проволоку из низкоуглеродистых сталей подвергают волочению с суммарными обжатиями до 98% [7]

$$\delta_{\text{сум}} = 0,98 - \text{суммарное обжатие}$$

Зная связь между вытяжкой и обжатием, определим значение вытяжки при заданном суммарном обжатии:

$$\mu_{\Sigma} = \frac{1}{1 - \delta_{\text{сум}}}$$

$$\mu_{\Sigma} = \frac{1}{1 - 0,98} = 50$$

Рассчитаем временное сопротивление разрыву холоднотянутой проволоки из низкоуглеродистой стали:

$$\sigma_B = \sigma_B^0 + k * \delta_{\Sigma} ,$$

где коэффициент $k=58$ для отожженной заготовки

$$\sigma_B = 300 + 58 * 0,98 = 356,84 \text{ Н / мм}^2$$

Найдем значение диаметра передельной проволоки из выражения

$$\sigma_{\epsilon} = \sigma_{\epsilon}^0 * \sqrt{\frac{d_0}{d_i}} ,$$

$$\text{где } d_n^{1/2} = \frac{\sigma_0^{1/2} * d_0^{1/2}}{\sigma_B^{1/2}} ,$$

подставив исходные данные получим: $d_n = 2,22$ – значение диаметра передельной проволоки;

Рассчитаем значение площади поперечного сечения передельной и готовой проволоки

F_n – значение площади поперечного сечения передельной проволоки, мм^2

$$F_n = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 2,22^2}{4} = 3,86 \text{ мм}^2$$

F_k – площадь поперечного сечения готовой сварочной проволоки, мм^2

$$F_k = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * (1,0)^2}{4} = 0,785 ;$$

2. Рассчитываем силу волочения при отсутствии противонапряжения. Определяется она по методу Р.Б. Красильщикова:

$$P = 0,6 D_0^2 * G_{\text{в.ср}} \sqrt{d_0^2 - d_1^2} / d_0^2$$

Где, $G_{\text{в.ср}}$ – предел прочности, определяется для каждой марки стали

$$G_{\text{в.ср}} = G_{\text{в.н}} - G_{\text{в.к}} / 2$$

Где, $G_{\text{в.н}}$ и $G_{\text{в.к}}$ – пределы прочности проволоки до и после протяжки соответственно;

$d_0^2 - d_1^2$ - диаметры проволоки до и после волочения, мм.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчеты маршрута и усилия волочения. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Тема 2.3 Метизное производство

Практическое занятие № 10

Расчет мощности двигателя волочильных машин

Цель работы: Выполнить расчет мощности двигателя.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

Материальное обеспечение:

Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести расчет мощности двигателя волочильной машины по индивидуальным данным.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы № 10 произвести расчет мощности двигателя основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с рекомендациями проведения расчета мощности волочильной машины.
2. Произвести расчет мощности двигателя по индивидуальным данным.
3. Полученные данные свести в таблицу.
4. Расчеты записать в тетрадь и сдать преподавателю для проверки.

Мощность, потребляемая рабочим органом, вычисляется по формуле:

$$P_p = F_r * V$$

где F_r - усилие на рабочем органе, кН;

V - скорость рабочего органа, м/с.

Мощность, потребляемая электродвигателем:

$$P_{дв} = \frac{P_p}{\eta}$$

где η - коэффициент полезного действия привода

$$\eta = \eta_1^2 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4^2 = 0,99^2 \cdot 0,97 \cdot 0,97 \cdot 0,99^2 = 0,89$$

где $\eta_1 = 0,99$ - КПД муфты;

$\eta_2 = \eta_3 = 0,97$ - КПД цилиндрической передачи;

$\eta_4 = 0,99$ - КПД подшипников качения

Частота вращения рабочего органа:

$$n_p = \frac{60000 * V}{\pi * D}$$

где V - скорость рабочего органа, м/с;

D – делительный диаметр звездочки, мм.

Делительный диаметр звездочки вычисляется по формуле:

$$D = \frac{p}{\sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}$$

где p – шаг звездочки, мм;

z – число зубьев звездочки.

Желаемая частота вращения вала электродвигателя

$$n_{эж} = n_p * u_0$$

где u_0 – ориентировочное передаточное число, мм.

$$u_0 = u_{цк} * u_{цм}$$

где $u_{цк}$ – ориентировочное передаточное число косозубой цилиндрической передачи;

$u_{цм}$ – ориентировочное передаточное число прямозубой цилиндрической передачи;

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет мощности двигателя волоочильного агрегата. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.4 Производство гнутых профилей

Практическая работа №11

Расчет калибровки валков для производства гофрированных профилей

Цель работы: Освоить методику расчета калибровки валков для производства гофрированных профилей.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

Материальное обеспечение: Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета калибровки валков гофрированных профилей.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методикой расчета калибровки для производства гофрированных профилей..
2. Выполнить расчет
3. Оформить практическую работу.

Ход работы:

1. Записать в рабочую тетрадь виды калибровки валков профилегибочных станов.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета калибровки валков гофрированных профилей.
3. Вычертить схемы калибровок валков в рабочей тетради.
4. Подготовить защиту практической работы.

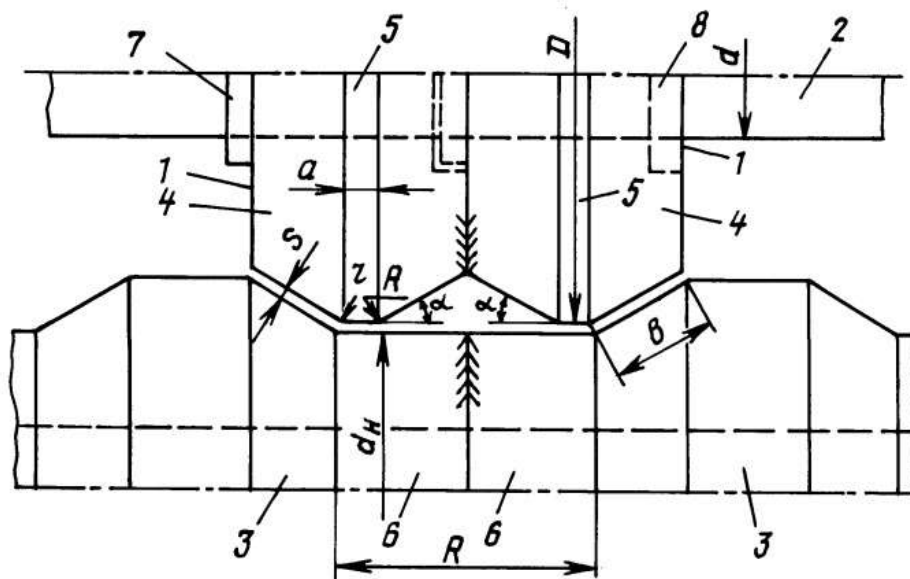


Рисунок 13- Схема калибровки гнутых профилей

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схемы калибровки валков. Отчет предоставить в устной форме.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.4 Производство гнутых профилей
Практическая работа №12
Расчет формирования швеллера при гибке

Цель работы: Освоить методику расчета формирования швеллера при гибке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

-применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

Материальное обеспечение: Методическое пособие по проведению практической работы.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета формирования швеллера при гибке.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методикой расчета калибровки для производства гофрированных профилей..
2. Выполнить расчет.
3. Оформить расчет в рабочей тетради.
4. Защитить практическую работу.

Ход работы:

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм формирования швеллера из полосового металла.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета калибровки швеллера в результате его гибки в валках профилегибочных агрегатов.
3. Вычертить схему калибровки швеллера при гибке.
4. Подготовить защиту практической работы.

Исходные данные: гнутый из листа толщиной S равнополочный швеллер с внутренними радиусами изгиба R , с высотой H и с шириной полочек B . Высота швеллера H в миллиметрах **200**. Ширина полочек швеллера B в миллиметрах **80**. Толщина стенки и полочек S в миллиметрах **4**. Внутренний радиус сгибов R в миллиметрах **6**

Длину развертки сечения швеллера L в миллиметрах считаем

$$L=2*(B-R-S)+H-2*(R+S)+3.14*(S/\ln(1+S/R))$$

Расстояние до линии сгиба от края заготовки a в миллиметрах считаем

$$a=B-R-S+3.14/4*(S/\ln(1+S/R))$$

Расстояние для установки упора №1 от оси матрицы U_1 в миллиметрах рассчитываем

$$U_1=L-a$$

Расстояние для установки упора №2 от оси матрицы U_2 в миллиметрах рассчитываем

$$U_2=H-S-R+3.14/4*(S/\ln(1+S/R))$$

Расстояние от края свободной полки швеллера до оси матрицы c в миллиметрах

$$c=(H—B—S)*(2-0.5)/2$$

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схемы калибровки валков швеллера. Отчет предоставить в устной форме.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.6 Организация контроля в прокатных цехах

Практическая работа №13

Техническая документация

Цель работы:

- формирование умений применять полученные знания на практике
- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по теме: Организация контроля в прокатных цехах
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;
- инструктировать подчинённых о правилах эксплуатации технологического оборудования;

Материальное обеспечение: методические указания к проведению практических занятий

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить виды документации в прокатных цехах.
3. Записи сделать в рабочую тетрадь.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить техническую документацию
2. Сделать необходимые записи в рабочей тетради.
3. Сделать необходимые записи в рабочей тетради.
4. Защитить практическую работу.

Краткие теоретические сведения

Техническая документация – это общее определение документации, вобравшая в себя данные по промежуточному и конечному результату строительных и

технологических проектов, конструирования, инженерных изысканий и разных работ, проделанных в процессе подготовки строительства и соответственно строительства зданий, сооружений либо производство товаров промышленного производства. Такими документами считаются: проект, чертежи, спецификации, инструкции по сборке и эксплуатации, монтажу машин, оборудования и разные конструкции, которые требуются для их изготовления (сборки, строительства), эксплуатации и ремонта.

Документацией технической является прежде всего пакет документов, которым пользуются при проектировании (конструировании), создании (изготовлении) и использовании (эксплуатации) различных технических объектов: зданий, сооружений, промышленной продукции, программного и аппаратного обеспечения. Документация техническая создаётся в процессе проектирования зданий и сооружений, конструирования машин и механизмов, проведения научно-исследовательских разработок (НИР), организации промышленного производства, в тот момент когда проводится топографо-геодезические работы, инженерно-геологические и геологоразведочные исследования. Основой документа технического всегда была разработка чертежа, показывающего предмет на плоскости. Таким образом реально представить внешний вид предмета в пространстве или системе, увидеть его конструктивное устройство, понять, из каких материалов и каким способом он был изготовлен.

Чётко определяется как стандарт государственный, стандарт предприятия, технические условия, технические описания, рецептура и различная документация, описывающая требования к качеству товаров. Составление документации технической должно проводиться, что бы достигать всеобщей оптимальной экономии при выполнении условий эксплуатации и требований безопасности, установлением правил и их исполнение с целью достичь порядка в деятельности в определённой сфере, для пользы и при участии всех заинтересованных сторон, которыми занимается стандартизация.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием к практической работе.
2. Разобрать виды технической документации по наглядным пособиям.
3. Переписать нужный материал в рабочую тетрадь.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схемы прокатных станов по расположению рабочих клетей. Выводы предоставить в устной форме

Критерии оценки: правильность выполнения работы

Т.4.3.3 ЛИСТОПРОКАТНОЕ И СОРТОПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Тема 2.7 Производство горячекатаных листов на одно-двухк, трех - четырёхклетевых толстолистовых станах

Практическая работа №1

Расчёт режима обжатий на одноклетевых станах горячей прокатки

Цель работы:

1. Формирование умений производить расчет режимов обжатий на толстолистовых станах (одно-двухклетевых)
2. Привитие навыков пользоваться компьютерными технологиями и технической литературой;

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

-выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета режима обжатий на толстолистовых станах, схема расположения оборудования данных станов; индивидуальные задания для выполнения расчётов

Задание:

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1. 12*1500*6000мм | 18. 24*1650*6000мм |
| 2. 13*1500*6100мм | 19. 23*1740*8000мм |
| 3. 14*1560*6500мм | 20. 12*1890*7000мм |
| 4. 15*1580*7000мм | 21. 14*1730*6500мм |
| 5. 16*1600*7100мм | 22. 18*1800*7000мм |
| 6. 17*1650*7500мм | 23. 17*1600*6000мм |
| 7. 18*1700*8000мм | 24. 18*1750*6000мм |
| 8. 19*1720*7200мм | 25. 22*1830* 8000мм |
| 9. 20*1750*6000мм | 26. 19*1760*7600мм |
| 10. 25*1800*8000мм | 27. 21*1810*8000мм |
| 11. 26*1830*7800мм | 28. 20*1830*7000мм |
| 12. 15*1750*6500мм | 29. 21*1740*6500мм |
| 13. 16*1700*8000мм | 30. 12*1830*8000мм |
| 14. 17*1800*6000мм | |
| 15. 19*1890*8000мм | |
| 16. 23*1750*7100мм | |
| 17. 25*1650*6000мм | |

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Определить вес заготовки;
3. Определяем длину раската;
4. Определяем абсолютные обжатия по проходам;
5. Находим число проходов необходимое для прокатки полосы данного размера;
6. Распределяем обжатия по клетям;
7. Находим относительные деформации и вытяжку по проходам.
8. Проводим проверочный расчёт.
9. Выполнить отчет о проделанной работе.

Расчёт режима обжатий производится по методу распределения коэффициентов деформации по клетям для листа $h=15$ мм, $v=1500$ мм, $l=8000$ мм.

Определим вес готового листа:

Определяется вес готового листа:

$$G_{л} = h \cdot b \cdot l \cdot \gamma \cdot 7,85 ;$$

где h - толщина листа;

b - ширина листа;

l - длина листа;

γ - удельный вес.

$$G_{л} = 0,015 \cdot 1,5 \cdot 8 \cdot 7,85;$$

$$G_{л} = 1,51 \text{ т.}$$

Определяется вес заготовки:

$$G_{з} = G_{л} \cdot k_{ф} \cdot k;$$

где $k_{ф} = 1,12 \div 1,45;$

k - кратность листов.

$$G_3=1,51 \cdot 1,2 \cdot 1;$$

$$G_3=1,81 \text{ т.}$$

Выбирается ширина и высота заготовки по практическим данным:

$$h_0=180\text{мм};$$

$$b_0=780\text{мм}.$$

Длина заготовки:

$$\ell_0 = \frac{G_3}{F \cdot \gamma};$$

где F - площадь поперечного сечения заготовки.

$$\ell_0 = \frac{1,81}{0,18 \cdot 0,78 \cdot 7,85};$$

$$\ell_0 = 1,6 \text{ м.}$$

Ширина готового раската:

$$b_p = b_n + 2\Delta b_{обр};$$

где $2\Delta b_{обр}$ - ширина обреза на 2 стороны листа

$$2\Delta b_{обр} = 20 \div 75 \text{ мм};$$

$$b_p = 1500 + 2 \cdot 30;$$

$$b_p = 1560\text{мм}.$$

Коэффициент вытяжки при разбивке ширины:

$$\lambda_B = \frac{b_p}{b_0};$$

$$\lambda_B = \frac{1560}{780};$$

$$\lambda_B = 2.$$

Высота раската при разбивке ширины:

$$h_p = \frac{h_0}{\lambda_B};$$

$$h_p = \frac{180}{2};$$

$$h_p = 90\text{мм}.$$

Суммарное абсолютное обжатие при разбивке ширины:

$$\Delta h_{\Sigma} = h_0 - h_p;$$

$$\Delta h_{\Sigma} = 180 - 90;$$

$$\Delta h_{\Sigma} = 90\text{мм}$$

Абсолютное обжатие в первом пропуске принимается $\Delta h_1=43$ мм; во втором $\Delta h_2=47$ мм.

$$\lambda_{общ} = \frac{h_p}{h_n};$$

$$\lambda_{общ} = \frac{90}{15};$$

$$\lambda_{общ} = 5,6.$$

$$n = \frac{\lg \lambda_{общ}}{\lg \lambda_{ср}};$$

$$\lambda_{ср} = 1,1 \div 1,3;$$

$$n = \frac{\lg 5,6}{\lg 1,3};$$

$$n = 15$$

Принимаем $n=16$.

Суммарное обжатие при прокатке раската вдоль:

$$\Delta h_{\Sigma} = h_p - h_n;$$

$$\Delta h_{\Sigma} = 90 - 16;$$

$$\Delta h_{\Sigma} = 74 \text{ мм.}$$

Среднее обжатие за проход:

$$\Delta h_{cp} = \frac{\Delta h_{\Sigma}}{n};$$

$$\Delta h_{cp} = \frac{74}{16};$$

$$\Delta h_{cp} = 4,6 \text{ мм.}$$

В последнем проходе сглаживание и улучшение качеств, относительное обжатие не должно превышать $3 \div 10\%$.

$$\Delta h = 0,03 \div 0,1;$$

$$\Delta h_{16} = 16 \cdot 0,05; .$$

$$\Delta h_{16} = 0,8 \text{ мм.}$$

$$\Delta h_{\Sigma \text{ в } \partial} = \Delta h_3 + \Delta h_4 + \dots + \Delta h_{14};$$

Высота раскатов по пропускам:

$$h_n = h_{n-1} - \Delta h_n;$$

$$h_1 = 180,0 - 43,0;$$

$$h_1 = 137,0 \text{ мм;}$$

$$h_2 = 137,0 - 47,0;$$

$$h_2 = 90,0 \text{ мм;}$$

$$h_3 = 90,0 - 10,0;$$

$$h_3 = 80,0 \text{ мм;}$$

$$h_4 = 80,0 - 9,5;$$

$$h_4 = 70,5 \text{ мм;}$$

$$h_5 = 70,5 - 8,0;$$

$$h_5 = 62,5 \text{ мм;}$$

$$h_6 = 62,5 - 7,5;$$

$$h_6 = 55,0 \text{ мм;}$$

$$h_7 = 55,0 - 6,2;$$

$$h_7 = 48,8 \text{ мм;}$$

$$h_8 = 48,8 - 6,3;$$

$$h_8 = 42,5 \text{ мм;}$$

$$h_9 = 42,5 - 5,5;$$

$$h_9 = 37,0 \text{ мм;}$$

$$h_{10} = 37,0 - 5,0;$$

$$h_{10} = 32,0 \text{ мм;}$$

$$h_{11} = 32,0 - 4,5;$$

$$h_{11} = 27,5 \text{ мм;}$$

$$h_{12} = 27,5 - 4,0;$$

$$h_{12} = 23,5 \text{ мм;}$$

$$h_{13} = 23,5 - 2,5;$$

$$h_{13} = 21,0 \text{ мм;}$$

$$h_{14} = 21,0 - 2,2;$$

$$h_{14} = 18,8 \text{ мм;}$$

$$h_{15}=18,8-2,0;$$

$$h_{15}=16,8 \text{ мм};$$

$$h_{16}=16,8-0,8;$$

$$h_{16}=16,0 \text{ мм}.$$

Относительное обжатие:

$$\xi_h = \frac{\Delta h_n}{h_{n-1}} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_1 = \frac{43,0}{180,0} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_1 = 23,9\%;$$

$$\xi_2 = \frac{47,0}{137,0} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_2 = 34,3\%;$$

$$\xi_3 = \frac{10,0}{90,0} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_3 = 11,1\%;$$

$$\xi_4 = \frac{9,5}{80,0} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_4 = 11,9\%;$$

$$\xi_5 = \frac{7,5}{80,0} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_5 = 11,3\%;$$

$$\xi_6 = \frac{7,5}{62,5} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_6 = 12,0\%$$

$$\xi_7 = \frac{6,2}{55,0} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_7 = 11,3\%;$$

$$\xi_8 = \frac{6,3}{48,5} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_8 = 12,9\%;$$

$$\xi_9 = \frac{5,5}{42,5} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_9 = 13,0\%;$$

$$\xi_{10} = \frac{5,0}{37,0} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_{10} = 13,5\%;$$

$$\xi_{11} = \frac{4,5}{32,0} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_{11} = 14,1\%;$$

$$\xi_{12} = \frac{4,0}{27,5} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_{12} = 14,5\%;$$

$$\xi_{13} = \frac{2,5}{23,5} \cdot 100 \%;$$

$$\xi_{13} = 10,6\%;$$

$$\xi_{14} = \frac{2,2}{21,0} \cdot 100\%;$$

$$\xi_{14} = 10,5\%;$$

$$\xi_{15} = \frac{2,0}{18,8} \cdot 100\%;$$

$$\xi_{15} = 10,6\%;$$

$$\xi_{16} = \frac{0,8}{16,8} \cdot 100\%;$$

$$\xi_{16} = 4,8\%;$$

Коэффициент вытяжки:

$$\lambda_n = \frac{h_{n-1}}{h_n};$$

$$\lambda_1 = \frac{180,0}{137,0};$$

$$\lambda_1 = 1,31;$$

$$\lambda_2 = \frac{137,0}{90,0};$$

$$\lambda_2 = 1,52;$$

$$\lambda_3 = \frac{90,0}{80,0};$$

$$\lambda_3 = 1,13;$$

$$\lambda_4 = \frac{80,0}{70,5};$$

$$\lambda_4 = 1,13;$$

$$\lambda_5 = \frac{70,5}{62,5};$$

$$\lambda_5 = 1,13;$$

$$\lambda_6 = \frac{62,5}{55,0};$$

$$\lambda_6 = 1,14;$$

$$\lambda_7 = \frac{55,0}{48,8};$$

$$\lambda_7 = 1,13;$$

$$\lambda_8 = \frac{48,8}{42,5};$$

$$\lambda_8 = 1,15;$$

$$\lambda_9 = \frac{42,5}{37,0};$$

$$\lambda_9 = 1,15;$$

$$\lambda_{10} = \frac{37,0}{32,0};$$

$$\lambda_{10} = 1,16;$$

$$\lambda_{11} = \frac{32,0}{27,5};$$

$$\lambda_{11} = 1,16;$$

$$\lambda_{12} = \frac{27,5}{23,5};$$

$$\lambda_{12} = 1,17;$$

$$\lambda_{13} = \frac{23,5}{21,0};$$

$$\lambda_{13} = 1,12;$$

$$\lambda_{14} = \frac{21,0}{18,8};$$

$$\lambda_{14} = 1,12;$$

$$\lambda_{15} = \frac{18,8}{16,8};$$

$$\lambda_{15} = 1,14;$$

$$\lambda_{16} = \frac{16,8}{16,0};$$

$$\lambda_{16} = 1,05.$$

Длина раскатов по пропускам:

1. Прокатка по ширине

$$l_1 = b_0 \cdot \lambda_1$$

$$l_1 = 780 \cdot 1,31;$$

$$l_1 = 1021,8 \text{ мм};$$

$$l_n = l_{n-1} \cdot \lambda_n;$$

$$l_2 = l_1 \cdot \lambda_2;$$

$$l_2 = 1021,8 \cdot 1,52;$$

$$l_2 = 1553,1 \text{ мм};$$

2. Прокатка вдоль

$$l_3 = 1553,1 \cdot 1,13;$$

$$l_3 = 1755 \text{ мм};$$

$$l_4 = l_3 \cdot \lambda_4;$$

$$l_4 = 1755 \cdot 1,13;$$

$$l_4 = 1983,2 \text{ мм};$$

$$l_5 = l_4 \cdot \lambda_5;$$

$$l_5 = 1983,2 \cdot 1,13;$$

$$l_5 = 2241 \text{ мм};$$

$$l_6 = l_5 \cdot \lambda_6;$$

$$l_6 = 12241 \cdot 1,14;$$

$$l_6 = 2554,7 \text{ мм};$$

$$l_7 = l_6 \cdot \lambda_7;$$

$$l_7 = 2554,7 \cdot 1,13;$$

$$l_7 = 2886,8 \text{ мм};$$

$$l_8 = l_7 \cdot \lambda_8;$$

$$l_8 = 2886,8 \cdot 1,15;$$

$$l_8 = 3319,8 \text{ мм};$$

$$l_9 = l_8 \cdot \lambda_9;$$

$$\begin{aligned}
l_9 &= 3319,8 \cdot 1,15; \\
l_9 &= 3817,8 \text{ мм}; \\
l_{10} &= l_9 \cdot \lambda_{10}; \\
l_{10} &= 3817,8 \cdot 1,16; \\
l_{10} &= 4428,6 \text{ мм}; \\
l_{11} &= l_{10} \cdot \lambda_{11}; \\
l_{11} &= 4428,6 \cdot 1,16; \\
l_{11} &= 5137,2 \text{ мм}; \\
l_{12} &= l_{11} \cdot \lambda_{12}; \\
l_{12} &= 5137,2 \cdot 1,17; \\
l_{12} &= 6010,5 \text{ мм}; \\
l_{13} &= l_{12} \cdot \lambda_{13}; \\
l_{13} &= 6010,5 \cdot 1,12; \\
l_{13} &= 6731,8 \text{ мм}; \\
l_{14} &= l_{13} \cdot \lambda_{14}; \\
l_{14} &= 6731,8 \cdot 1,12; \\
l_{14} &= 7539,6 \text{ мм}; \\
l_{15} &= l_{14} \cdot \lambda_{15}; \\
l_{15} &= 7539,6 \cdot 1,14; \\
l_{15} &= 8595,1 \text{ мм}; \\
l_{16} &= l_{15} \cdot \lambda_{16}; \\
l_{16} &= 8595,1 \cdot 1,05; \\
l_{16} &= 9024,9 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

Распределяем числа пропусков по клетям. В черновой клетке принимается 70÷85% суммарного абсолютного обжата и в чистовой клетке 15÷30%.

$$\begin{aligned}
\Delta h_{\Sigma} &= h_0 - h_1; \\
\Delta h_{\Sigma} &= 180 - 16; \\
\Delta h_{\Sigma} &= 164 \text{ мм}; \\
\Delta h_{\Sigma_{\text{дву}}} &= 164 \cdot 0,8; \\
\Delta h_{\Sigma_{\text{дву}}} &= 131,2 \text{ мм}; \\
\Delta h_{\Sigma_{\text{трио}}} &= 164 \cdot 0,2; \\
\Delta h_{\Sigma_{\text{трио}}} &= 32,8 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

Следовательно, принимается в чистовой клетке 9 пропусков, а в черновой - 7 пропусков.

$$\begin{aligned}
\Delta h_{16} + \Delta h_{15} + \Delta h_{14} + \Delta h_{13} + \Delta h_{12} + \Delta h_{11} + \Delta h_{10} + \Delta h_9 + \Delta h_8 &= \\
= 0,8 + 2 + 2,2 + 2,5 + 4 + 4,5 + 5 + 5,5 + 6,3 &= 32,8
\end{aligned}$$

Форма предоставления результата:

Выполненный и напечатанный расчет в формате А4.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.7 Производство горячекатаных листов на одно-двухк, трех - четырехклетевых толстолистовых станах

Практическая работа № 2

Расчёт часовой производительности одноклетевых станов горячей прокатки.

Цель работы:

1. Научится определять часовую производительность стана.
2. Строить графики часовой производительности.

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета часовой производительности на широкополосных станах, схема расположения оборудования данных станов, индивидуальные задания для выполнения расчётов

Задание

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1. 12*1500*6000мм | 18. 24*1650*6000мм |
| 2. 13*1500*6100мм | 19. 23*1740*8000мм |
| 3. 14*1560*6500мм | 20. 12*1890*7000мм |
| 4. 15*1580*7000мм | 21. 14*1730*6500мм |
| 5. 16*1600*7100мм | 22. 18*1800*7000мм |
| 6. 17*1650*7500мм | 23. 17*1600*6000мм |
| 7. 18*1700*8000мм | 24. 18*1750*6000мм |
| 8. 19*1720*7200мм | 25. 22*1830* 8000мм |
| 9. 20*1750*6000мм | 26. 19*1760*7600мм |
| 10. 25*1800*8000мм | 27. 21*1810*8000мм |
| 11. 26*1830*7800мм | 28. 20*1830*7000мм |
| 12. 15*1750*6500мм | 29. 21*1740*6500мм |
| 13. 16*1700*8000мм | 30. 12*1830*8000мм |
| 14. 17*1800*6000мм | |
| 15. 19*1890*8000мм | |
| 16. 23*1750*7100мм | |
| 17. 25*1650*6000мм | |

Порядок выполнения работы:

1. Определяем суммарную продолжительность времени пауз в черновой и чистовой клетки.
2. Рассчитываем машинное время прокатки в черновой и чистовой клетки.
3. Определяем ритм прокатки чистовой клетки.
4. Рассчитываем часовую производительность стана.

На одноклетевом прокатывается лист 15x1500x8000 мм из сляба 180x780 мм, весом $G=1,81$ т. Стан состоит из двух последовательно установленных рабочих клеток, черновой «Дуо», реверсивной с диаметром прокатных валков $D_1=850$ мм, длиной бочки $L_1=2350$ мм, и чистовой «Трио» Лаута с диаметром прокатных валков $D_2=850$

мм, длиной бочки $L_2=2350$ мм. На стане прокатывается толстолистовая сталь 20пс, размером 16×1500 мм, из сляба массой 1,81т, число проходов сляба в прокатных валках черновой клетки $\pi_1=7$, чистовой $\pi_2=9$. Суммарное машинное время прокатки сляба в черновой и чистой клетях составляет соответственно $\sum \tau'_m = 35$ с; $\sum \tau''_m = 34,1$ с;

$$\sum \tau'_m = \frac{\sum \ell_1}{V_1};$$

$$\sum \tau''_m = \frac{\sum \ell_2}{V_2}.$$

По хронометражным наблюдениям продолжительность пауз, с., равна: между проходами $\tau_1 = 3$, при кантовке сляба $\tau'_1 = 10$, между концом прокатки одного сляба и началом прокатки следующего $\tau_2 = 9$, при подъеме стола чистовой клетки $\tau_3 = 1,5$. Коэффициент выхода годного проката $\alpha = 0,84$.

График работы стана прерывный. Продолжительность: планово-предупредительных ремонтов оборудования $N_1 = 15$ суток/год, капитального ремонта оборудования $N_2 = 3$ суток/год, текущих плановых простоев $N_3 = 12,5\%$ от номинального времени работы, остановок в праздничные дни $N_n = 8$ суток/год, остановок в выходные дни $N_g = 52$ суток/год. Коэффициент использования фактического времени работы стана $k=0,85$.

Суммарная продолжительность пауз при прокатке сляба:
в черновой клетии

$$\tau'_2 = (\sigma_1 - 1)\tau_1 + \tau'_1 + \tau_2;$$

$$\tau'_2 = (7 - 1) \cdot 3 + 10 + 9;$$

$$\tau'_2 = 37 \text{ с};$$

в чистовой клетии

$$\tau''_2 = (\sigma_2 - 1)(\tau_1 + \tau_3) + \tau'_1;$$

$$\tau''_2 = (9 - 1) \cdot (3 + 1,5) + 10;$$

$$\tau''_2 = 46 \text{ с};$$

Ритм прокатки в черновой клетии:

$$\tau_p = \sum \tau_m + \sum \tau_n;$$

где $\sum \tau_m$ - суммарное машинное время прокатки исходного металла в готовый профиль, с.

$\sum \tau_n$ - суммарная продолжительность пауз между проходами при прокатке, с.

$$\tau'_p = 35 + 37;$$

$$\tau'_p = 72 \text{ с}.$$

в чистовой клетии

$$\tau''_p = 34,1 + 46;$$

$$\tau''_p = 80,1 \text{ с}.$$

Производительность стана рассчитываем по черновой клетии, в которой ритм прокатки больше, чем ритм в чистовой клетии.

Технически возможная производительность почасовая стана по годовому:

$$A_z = \frac{3600 \cdot G \cdot k_u \cdot \alpha}{T_p}; T/ч$$

где k_u - коэффициент использования фактического времени работы стана;

α - коэффициент выхода годного проката;

G - масса заготовки;

T_p - ритм прокатки.

$$A_2 = 83, \frac{3600 \cdot 1,81 \cdot 0,84 \cdot 0,85}{80,1};$$

$$A_2 = 58,1 \text{ Т/ч.}$$

Форма предоставления результата:

Выполненный и напечатанный расчет в формате А4

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.7 Производство горячекатаных листов на одно-двухк, трех - четырехклетевых толстолистовых станах

Практическое занятие № 3

Расчет режима обжатий на двухклетевых станах горячей прокатки

Цель работы:

1. Формирование умений производить расчет режимов обжатий на толстолистовых станах (двухклетевых)

2. Привитие навыков пользоваться компьютерными технологиями и технической литературой;

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета режима обжатий на толстолистовых станах, схема расположения оборудования данных станков; индивидуальные задания для выполнения расчётов.

Задание

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 18. 12*1500*6000мм | 18. 24*1650*6000мм |
| 19. 13*1500*6100мм | 19. 23*1740*8000мм |
| 20. 14*1560*6500мм | 20. 12*1890*7000мм |
| 21. 15*1580*7000мм | 21. 14*1730*6500мм |
| 22. 16*1600*7100мм | 22. 18*1800*7000мм |
| 23. 17*1650*7500мм | 23. 17*1600*6000мм |
| 24. 18*1700*8000мм | 24. 18*1750*6000мм |
| 25. 19*1720*7200мм | 25. 22*1830* 8000мм |
| 26. 20*1750*6000мм | 26. 19*1760*7600мм |
| 27. 25*1800*8000мм | 27. 21*1810*8000мм |
| 28. 26*1830*7800мм | 28. 20*1830*7000мм |
| 29. 15*1750*6500мм | 29. 21*1740*6500мм |
| 30. 16*1700*8000мм | 30. 12*1830*8000мм |
| 31. 17*1800*6000мм | |
| 32. 19*1890*8000мм | |
| 33. 23*1750*7100мм | |

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания к данной практической работе.

2. Определить вес заготовки;
3. Определяем длину раската;
4. Определяем абсолютные обжатия по проходам;
5. Находим число проходов необходимое для прокатки полосы данного размера;
6. Распределяем обжатия по клетям;
7. Находим относительные деформации и вытяжку по проходам.
8. Проводим проверочный расчёт.
9. Выполнить отчет о проделанной работе.

Для четырех валковых клетей для расчета обжатий принимают условие прочности бочки опорных валков. Если принять общий допускаемый износ валков равным 10%, то расчетный диаметр опорного вала составит:

$$D_{\text{расч}} = 0,9 \cdot D,$$

$$D_{\text{расч}} = 0,9 \cdot 1800 = 1620 \text{ мм}.$$

Взяв за основу диаметр валков, примем условие равнопрочности бочки и шейки валков. Величина абсолютного обжатия будет равна:

$$\Delta h_{\text{max}} = \frac{0,32 D^5 [\sigma_{\text{изг}}]^2}{[(L+l-0,5B) p B]^2}$$

где $[\sigma_{\text{изг}}]$ - допускаемое напряжение на изгиб;
 D - диаметр рабочих валков;
 B - ширина раската;
 L - длина бочки вала;
 l - длина шейки вала;
 p - удельное давление.

Опорные валки изготовлены из чугуна и имеют отбеленный слой глубиной 15—25 мм. Химический состав чугуна: 2,9—3,2% С, 0,4—0,55% Si; 0,25—0,45 Мп, 0,55% Р, по 0,1 % S и Сг, 0,7%. Твердость по Шору составляет 70 единиц.

В качестве отправных данных примем размеры готового профиля 17х2020 мм; исходной заготовкой является слиток толщиной 410 мм, шириной 1000 мм, длина 1700 мм и массой 3850 кг.

Для чугунных валков принимаем допускаемое напряжение на изгиб $[\sigma_{\text{изг}}] = 80$ МПа.

Определение максимального обжатия по приведенному уравнению затруднено, так как в знаменатель входит величина удельного давления, которое в свою очередь зависит от обжатия.

Поэтому определение максимального обжатия, основанного на прочности валков, может сводиться к двум вариантам: или предварительно задаются средней величиной удельного давления, согласно практическим данным, или задаются условной величиной обжатия, а по ней находят удельное давление, которое затем корректируют. Последний вариант несколько сложнее и требует двойных расчетов, но он дает более точные результаты.

Принимаем среднее значение удельного давления отдельно для прокатки поперек и вдоль с учетом толщины раската. Практическое значение средних удельных давлений для толстолистовых станов при нормальной температуре прокатки и толщине прокатываемой полосы 60... 150 мм можно принять в пределах 55...80 МПа, для меньших толщин 80... 120 МПа.

Для получения заданной ширины готового листа необходимо осуществить прокатку слитка в поперечном направлении.

При этом общий коэффициент высотной деформации слитка:

$$\frac{1}{\eta_{\text{таб}}} = \frac{H}{h_k},$$

$$\frac{1}{\eta_{\text{таб}}} = 2,2$$

где H - начальная толщина заготовки;

h_k - конечная толщина в поперечном направлении.

Тогда конечная толщина раската в поперечном направлении до получения необходимой ширины равна:

$$h_x = \frac{H}{\eta_{\text{таб}}},$$

$$h_k = 186 \text{ мм}.$$

Общее обжатие при этом составит

$$\Delta h_x = H - h_x,$$

$$\Delta h_x = 410 - 186 = 224 \text{ мм}.$$

После этого раскат поворачивается на 90° в горизонтальной плоскости, и дальнейшая прокатка производится в продольном направлении до $h=17$ мм. и общее обжатие при этом составит:

$$\Delta h = 224 - 17 = 207 \text{ мм}.$$

Определим предельную величину обжатия за один проход в продольном направлении при снятии конусности слитка. Для расчетов принимаем удельное давление $p=60$ МПа

$$\Delta h_{\text{max}} = \frac{0,32 \cdot (1620)^2 \cdot (80)^2}{[(2800 + 1440 - 0,5 \cdot (1000 \cdot 60 \cdot 1000))]^2} = 45,3 \text{ мм}$$

Рассчитаем максимальную величину обжатия после разворота слитка на 90° , для разбивки ширины. Удельное давление при прокатке в поперечном направлении $p=60$ МПа [11]:

$$\Delta h_{\text{max}} = \frac{0,32 \cdot (1620)^2 \cdot (80)^2}{[(2800 + 1440 - 0,5 \cdot (2300 \cdot 120 \cdot 2300))]^2} = 26,7 \text{ мм}$$

Теперь определим возможные обжатия при прокатке раската в продольном направлении, когда толщина раската будет изменяться от 186 мм до 17 мм. В продольном направлении, при $p=120$ МПа

$$\Delta h_{\text{max}} = \frac{0,32 \cdot (1620)^2 \cdot (80)^2}{[(2800 + 1440 - 0,5 \cdot (2300 \cdot 120 \cdot 2300))]^2} = 45,3 \text{ мм}$$

По приведенному методу расчета обжатий, следует сделать дополнительные замечания. Если режимы обжатий на листовом стане определять, исходя из минимальных диаметров валков, и эти схемы считать постоянными во всех случаях, то такой подход к работе стана и эксплуатации его оборудования будет не верен, на практике приходится иметь несколько таблиц, отвечающих разным величинам переточек. Для определенных диаметров валков и рассчитывают величины обжатий, составляют таблицы и схемы обжатий. Вместо таблиц можно пользоваться графиками,

на которых каждому диапазону диаметров валков отвечает определенная кривая изменения величин обжатий по проходам.

$$h_{i0} = 350 \text{ мм}, h_{i1} = 320 \text{ мм}, h_0 = 1034 \text{ мм}.$$

где h_{i0}, h_{i1} - толщина раската до и после обжатия.

Если принять общий допускаемый износ валков равным 10%, то расчетный диаметр рабочих валков составит

$$D_{расч} = 0,9 \cdot D,$$

$$D_{расч} = 900 \text{ мм}.$$

Найдем окружную скорость валков по формуле:

$$v_e = \frac{\pi \cdot D_{расч} \cdot n}{60}, \quad v_e = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Найдем длину дуги захвата металла валками по формуле

$$l = \sqrt{\Delta h \cdot R}$$

$$l = 122,5 \text{ мм}.$$

где $\Delta h = h_{i0} - h_{i1}$ - абсолютное обжатие.

$$\Delta h = 30 \text{ мм},$$

Определим угол захвата полосы

$$\alpha_0 = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}},$$

$$\alpha_0 = 0,24 \text{ град}$$

Определим уширение по формуле А.П. Чекмарева

$$\Delta b = \frac{2 \Delta h \cdot b_0}{(h_0 + h_1) \cdot \left(1 + (1 + \alpha_0) \left(\frac{b_0}{R_{эф} \cdot \alpha_0} \right) \right)},$$

где Δb - уширение полосы;

при $b_0 \leq R_{эф}, n = 1;$

при $b_0 \geq R_{эф}, n = 2.$

$$R_{эф} = 120 \text{ мм}.$$

Определим ширину полосы на выходе:

$$b_3 = b_2 + \Delta b$$

$$b_3 = 1029 \text{ мм}.$$

Для определения длины полосы найдем коэффициент вытяжки. Так как при прокатке уширение полосы незначительно, то можно воспользоваться формулой :

$$\lambda = \frac{h_3}{h_2},$$

$$\lambda = 1,08,$$

$$l_3 = \lambda \cdot l_2$$

$$l_3 = 2130 \text{ мм}.$$

Для определения коэффициента трения при прокатке воспользуемся формулой С. Эжелундра с поправками Б.М. Бахтинова.

Определим f при прокатке в чугунных валках

$$f = K_p \cdot K_m \cdot K_v \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot t)$$

где: K_p - значение коэффициента зависит от материала валков ($K_p=0,8$ для чугунных валков)

$$K_v = 0,95.$$

Значение K_m - коэффициента, учитывающий влияние скорости валков (скорости прокатки) на коэффициент трения, принимаем

$$K_m = 1,45.$$

$$f = 0,52.$$

Падение температуры металла при прокатке происходит из-за потерь тепла в результате излучения, отдачи тепла конвекцией воздуху, омывающему полосу, потерь с охлаждающей водой, теплоотдачи валкам.

При прокатке выделяется тепло, пропорциональное работе, затрачиваемой на деформацию.

Находим температуру раската в каждом проходе по формуле В. А. Тягунова

$$t_1 = t_{i-1} - \left(\left(\frac{1000}{(t_{i-1}/100)^3} \right)^{\frac{1}{3}} + 0,055 \cdot \frac{t_{i-1}}{h_i} \right) - 273 - \frac{500}{(h_i \cdot v_e)},$$

$$t = 1199^\circ \text{C}$$

где t — температура в анализируемом проходе, °C;

t_0 - температура в предыдущем проходе, °C;

h - толщина прокатываемой полосы в предыдущем проходе, мм;

z - время прохода с последующей паузой, сек.

Находим степень деформации

$$\varepsilon_3 = \frac{h_2 - h_3}{h_2},$$

$$\varepsilon_3 = 0,086.$$

Логарифмическая степень деформации

$$\varepsilon_3 = \ln \frac{h_2}{h_1},$$

$$\varepsilon_3 = 0,09.$$

Определим количество проходов:

$$n = \frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_c};$$

Где n – число проходов;

λ_{Σ} – суммарная вытяжка;

λ_c – средняя вытяжка.

$$n = \frac{26}{1,22} = 24.$$

Так как стан реверсивный число проходов должно быть нечетным, принимаем число проходов $n=25$.

Форма предоставления результата:

Выполненный и напечатанный расчет в формате А4

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.7 Производство горячекатаных листов на одно-двухк, трех - четырехклетевых толстолистовых станах

Практическая работа №4

Расчёт часовой производительности двухклетевых станов горячей прокатки.

Цель работы:

1. Научиться определять часовую производительность стана.
2. Строить графики часовой производительности.

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета часовой производительности на двухклетевых станах, схема расположения оборудования данных станов, индивидуальные задания для выполнения расчётов.

Задание

34. 12*1500*6000мм	18. 24*1650*6000мм
35. 13*1500*6100мм	19. 23*1740*8000мм
36. 14*1560*6500мм	20. 12*1890*7000мм
37. 15*1580*7000мм	21. 14*1730*6500мм
38. 16*1600*7100мм	22. 18*1800*7000мм
39. 17*1650*7500мм	23. 17*1600*6000мм
40. 18*1700*8000мм	24. 18*1750*6000мм
41. 19*1720*7200мм	25. 22*1830* 8000мм
42. 20*1750*6000мм	26. 19*1760*7600мм
43. 25*1800*8000мм	27. 21*1810*8000мм
44. 26*1830*7800мм	28. 20*1830*7000мм
45. 15*1750*6500мм	29. 21*1740*6500мм
46. 16*1700*8000мм	30. 12*1830*8000мм
47. 17*1800*6000мм	
48. 19*1890*8000мм	
49. 23*1750*7100мм	
50. 25*1650*6000мм	

Порядок выполнения работы:

1. Определяем суммарную продолжительность времени пауз в черновой и чистовой клети.
2. Рассчитываем машинное время прокатки в черновой и чистовой клети.
3. Определяем ритм прокатки чистовой клети.
4. Рассчитываем часовую производительность стана

Форма предоставления результата:

Выполненный и напечатанный расчет в формате А4

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.8 Производство горячекатаного металла на полунепрерывном широкополосном стане 2500 ОАО «ММК
Практическая работа №5
Расчет режима обжатий на полунепрерывном стане горячей прокатки

Цель работы:

1. Научиться определять режим обжатий по клетям;
- 2 Строить графики определения толщины полосы в черновой и чистовой клетях.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

Материальное обеспечение:

Методические указания для выполнения расчета режима обжатий на широкополосных станах, схема расположения оборудования данных станков, индивидуальные задания для выполнения расчетов.

Таблица 1 – Исходные данные

Вариант	Стан	Исходный сляб	Толщина листа мм	Марка стали
1	2500	250*750*5000	2,0	Ст1
2	2000	250*1000*5000	1,2	Ст2
3	2500	250*1050*5000	3,0	Ст3
4	2000	200*750*6000	4,0	Ст4
5	2500	200*1000*6000	4,0	Ст3Гпс
6	2000	250*2000*7000	3,0	08сп
7	2500	250*1500*7000	1,2	10сп
8	2000	250*1500*3000	2,0	08пс
9	2500	250*1500*9000	5,0	20пс
10	2000	250*1500*10000	5,0	Ст25
11	2500	200*2000*11000	6,0	08ю
12	2000	200*1500*10000	6,0	13гс
13	2500	200*1200*9000	7,0	22гю
14	2000	200*1000*11000	7,0	65г

15	2500	250*2000*10000	8,0	30г
16	2000	200*1200*10000	8,0	40г
17	2500	250*1200*10000	9,0	15г
18	2000	200*1400*11000	9,0	60г
19	2500	200*1500*10000	10,0	50г
20	2000	250*1500*11000	10,0	40х
21	2500	200*1800*10000	2,5	09Г2с
22	2000	250*1800*11000	11,0	11юа
23	2500	200*2000*10000	1,8	08ПС
24	2000	200*1500*8000	12,0	Ст5
25	2500	200*1000*5000	2,5	Ст25
26	2000	250*1000*5000	13,0	Ст1
27	2500	200*1200*6000	3,5	Ст4
28	2000	250*1200*6000	14,0	Ст3
29	2500	200*1700*7000	4,5	50Г
30	2000	250*1700*7000	2,5	08СП

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Определяем размеры в окалиноломателе и уширительной клетки;
3. Строим график определения толщины раската по клетям в черновой группе;
4. Определяем абсолютные обжатия по проходам;
5. Строим график определения толщины раската в чистой группе стана;
6. Определяем абсолютные и относительные деформации в чистой группе стана.

Ход работы:

Расчет производится для прокатки широкополосной горячекатаной стали сечением 1,5х1800 мм из сляба размером 250х1500 мм на стане 2500 ОАО ММК.

Исходя из практических данных значение относительной деформации в черновом окалиноломателе $E_0=9,5\%$, что дает обжатие:

$$\Delta h = E_0 H / 100$$

$$\Delta h = 9,5 * 250 / 100;$$

$$\Delta h = 23,75 \text{ мм,}$$

толщина выходящего раската

$$h = 250 - 23,75 = 226,25 \text{ мм.}$$

Обжимная двухвалковая клеть. Коэффициент высотной деформации:

$$\eta = H/h = b/B$$

$$\eta = 1800/1500$$

$$\eta = 1,2$$

Толщина раската, выходящего из обжимной двухвалковой клетки:

$$h = H/\eta$$

$$h = 226,25/1,2$$

$$h = 188,5 \text{ мм}$$

а обжатие:

$$\Delta h = 226,25 - 188,5 = 37,75 \text{ мм}$$

Относительное обжатие в обжимной двухвалковой клетки равно:

$$E_0 = (\Delta h / H) \cdot 100$$

$$E_0 = (37,75 / 226,25) \cdot 100 = 16,7\%$$

Первая универсальная черновая клеть. Принимаем величину относительных обжатий в универсальной клетке 28,5%, в последней 40%. Строим график значений относительной деформации, чтобы определить ее для остальных универсальных клеток.

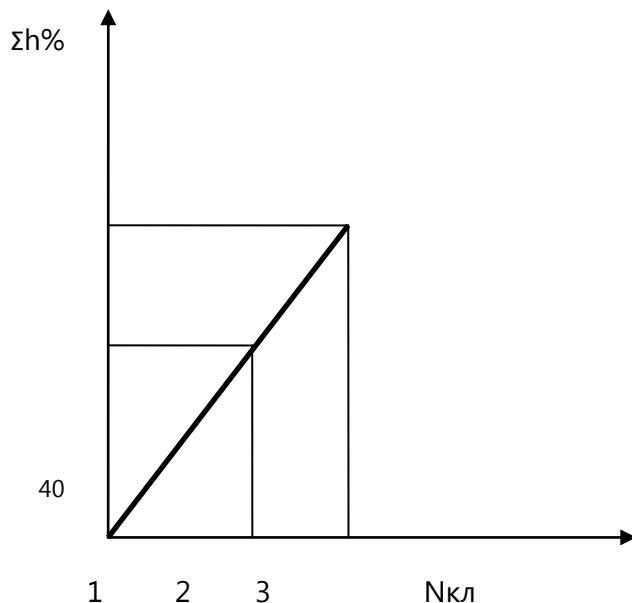


Рисунок 1– График значений относительной деформации по проходам (клетям) при прокатке на черновой группе клеток стана «2500»

Черновая группа клеток

$$\Delta h = E_0 H / 100$$

$$\Delta h = 28,5 * 250 / 100 = 71,25 \text{ мм,}$$

а толщина входящей полосы:

$$h = H - \Delta h$$

$$h = 188,5 - 37,75 = 150,75 \text{ мм}$$

Вторая универсальная клеть. Согласно графику относительная деформация для этой клетки $E_0 = 35\%$

$$\Delta h = 35 * 150,75 / 100 = 52,8 \text{ мм,}$$

а толщина выходящей полосы:

$$h = 150,75 - 52,8 = 97,5 \text{ мм}$$

Третья универсальная клеть. Согласно графику относительная деформация для этой клетки $E_0 = 40\%$

$$\Delta h = 40 * 97,5 / 100 = 39 \text{ мм,}$$

Чистовая группа клеток.

Из последней клетки чистовой группы выходит готовый профиль толщиной

$$h_7 = 39 - 0,5 = 38,5 \text{ мм}$$

Общий коэффициент высотной деформации в чистовой группе:

$$\eta = H / h$$

$$\eta = 38,5 / 7,5 = 5,1$$

Среднее значение коэффициента высотной деформации по проходам:

$$\eta_{cp} = \sqrt[3]{\hat{E}}$$

$$\eta_{cp} = \sqrt[3]{5,1} = 1,26$$

Если $\eta_{cp} = 1,26$ был бы одинаковый по всем клетям, из первой клетки выходил бы раскат толщиной:

$$h_1 = H_1 / \eta_{cp}$$

$$h_1 = 38,5 / 1,26 = 30,5 \text{ мм}$$

При этом обжатие в первой клетки было бы

$$\Delta h_1 = 38,5 - 30,5 = 8 \text{ мм}$$

а среднее значение относительной деформации

$$E_{0cp} = (\Delta h_1 / H_1) \cdot 100$$

$$E_{0cp} = (8 / 30,5) \cdot 100 = 26,2\%$$

Исходя их практических данных, относительное обжатие принимаем в пятой клетки чистовой группы 40%. Тогда относительная деформация в 11 клетки чистовой группы будет больше средней в 1,52 раза. В последней клетки относительная деформация должна быть соответственно уменьшена и равна

$$E_7 = E_{окр} / 1,52$$

$$E_7 = 26,2 / 1,52 = 17\%$$

Имея крайние значения деформации строим график

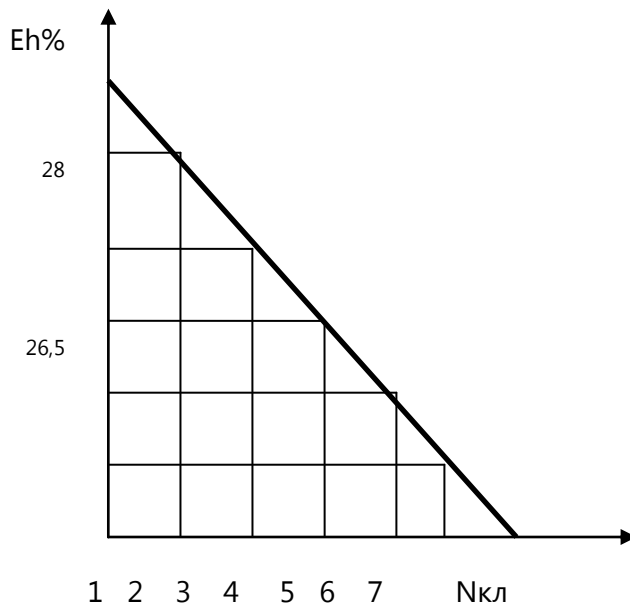


Рисунок 2 – График для значений относительной деформации по клетям чистовой группы стана 2500

$$E_1 = 28\%;$$

$$\Delta h_1 = 0,28 \cdot 38,5 = 10,8 \text{ мм};$$

$$h_1 = 38,5 - 10,8 = 27,7 \text{ мм}$$

$$E_2 = 26,5\%;$$

$$\Delta h_2 = 0,265 \cdot 27,7 = 7,3 \text{ мм};$$

$$h_2 = 27,7 - 7,3 = 20,4 \text{ мм}$$

$$E_3 = 25\%;$$

$$\Delta h_3 = 0,25 \cdot 20,4 = 5,1 \text{ мм};$$

$$h_3 = 20,4 - 5,1 = 15,3 \text{ мм}$$

$$E_4 = 23,5\%;$$

$$\Delta h_4 = 0,235 \cdot 15,3 = 3,6 \text{ мм};$$

$$h_4 = 15,3 - 3,6 = 11,7 \text{ мм}$$

$$E_5 = 22\%;$$

$$\Delta h_5 = 0,22 \cdot 11,7 = 2,6 \text{ мм};$$

$$h_5 = 11,7 - 2,6 = 9,1 \text{ мм}$$

$$E_6 = 20,5\%;$$

$$\Delta h_6 = 0,205 \cdot 9,1 = 1,9 \text{ мм};$$

$$h_6 = 9,1 - 1,9 = 7,2 \text{ мм.}$$

$$\Delta h_7 = 0,17 * 7,2 = 1,2 \text{ мм;}$$

$$h_7 = 7,2 - 1,2 = 6 \text{ мм.}$$

Из 7 клетки выдается готовый профиль толщиной $h_7 = 7,5$ мм.

Следовательно:

$$\Delta h_7 = 7,5 - 6 = 1,5 \text{ мм}$$

Форма предоставления результата:

Выполненный и напечатанный расчет в формате А4.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.8 Производство горячекатаного металла на полунепрерывном широкополосном стане 2500 ОАО «ММК

Практическая работа № 6

Расчет часовой производительности стана 2500.

Цель работы:

1. Научится определять часовую производительность стана

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета режима обжатий на широкополосных станах, схема расположения оборудования данных станов, индивидуальные задания для выполнения расчётов.

Таблица 62– Исходные данные

Вариант	Стан	Исходный сляб	Толщина листа мм	Марка стали
1	2500	250*750*5000	2,0	Ст1
2	2000	250*1000*5000	1,2	Ст2
3	2500	250*1050*5000	3,0	Ст3
4	2000	200*750*6000	4,0	Ст4
5	2500	200*1000*6000	4,0	Ст3Гпс
6	2000	250*2000*7000	3,0	08сп
7	2500	250*1500*7000	1,2	10сп
8	2000	250*1500*3000	2,0	08пс
9	2500	250*1500*9000	5,0	20пс
10	2000	250*1500*10000	5,0	Ст25

11	2500	200*2000*11000	6,0	08ю
12	2000	200*1500*10000	6,0	13гс
13	2500	200*1200*9000	7,0	22гю
14	2000	200*1000*11000	7,0	65г
15	2500	250*2000*10000	8,0	30г
16	2000	200*1200*10000	8,0	40г
17	2500	250*1200*10000	9,0	15г
18	2000	200*1400*11000	9,0	60г
19	2500	200*1500*10000	10,0	50г
20	2000	250*1500*11000	10,0	40х
21	2500	200*1800*10000	2,5	09г2с
22	2000	250*1800*11000	11,0	11юа
23	2500	200*2000*10000	1,8	08ПС
24	2000	200*1500*8000	12,0	Ст5
25	2500	200*1000*5000	2,5	Ст25
26	2000	250*1000*5000	13,0	Ст1
27	2500	200*1200*6000	3,5	Ст4
28	2000	250*1200*6000	14,0	Ст3
29	2500	200*1700*7000	4,5	50Г
30	2000	250*1700*7000	2,5	08СП

Порядок выполнения работы

1. Определяем длину раската по клетям в черновой группе;
2. Определяем вытяжку по проходам;
3. Рассчитываем машинное время и время паузы в клетях черновой группы стана.
4. Определяем ритм прокатки в черновой группе;
5. Определяем длину раската в чистовой группе стана;
6. Рассчитываем машинное время и время паузы в чистовой группе стана;
7. Определяем ритм прокатки в чистовой группе;
8. Рассчитываем часовую производительность стана.

Ход работы:

Часовая производительность прокатного стана A т/ч, определяется по формуле:

$$A_{ч} = \frac{3600 \cdot G}{T_p}$$

где G - масса заготовки;
 T - ритм прокатки.

Для определения режима прокатки T , необходимо найти (t_m) максимальное время и время паузы t_r , с.

$$t_m = \frac{l}{V}$$

где l - длина металла после прохода, м/с;
 V - скорость прокатки, м/с.

$$\lambda = \frac{h_0}{h_1}$$

$$\lambda_1 = \frac{250}{226,25} = 1,1$$

$$\lambda_2 = \frac{226,25}{188,5} = 1,2$$

$$\lambda_3 = \frac{188,5}{150,75} = 1,2$$

$$\lambda_4 = \frac{150,75}{97,5} = 1,5$$

$$l_1 = \lambda \cdot l_0$$

$$l_1 = 11 \cdot 5 = 5,5 \text{ м}$$

$$l_2 = 1,2 \cdot 5,5 = 6,6 \text{ м}$$

$$l_3 = 1,2 \cdot 6,6 = 7,92 \text{ м}$$

$$l_4 = 1,5 \cdot 7,92 = 11,88 \text{ м}$$

Теперь находим машинное время

$$t_{m1} = 5,5 / 1 = 5,5 \text{ с}$$

$$t_{m2} = 6,6 / 1,25 = 5,28 \text{ с}$$

$$t_{m3} = 7,92 / 1,5 = 5,28 \text{ с}$$

$$t_{m4} = 11,88 / 1,5 = 7,92 \text{ с}$$

$$\Sigma t_M = t_{m1} + t_{m2} + t_{m3} + t_{m4} + t_{m5}$$

$$\Sigma t_M = 5,5 + 5,28 + 5,28 + 7,92 = 23,98 \text{ с}$$

Теперь я нахожу время паузы t_{γ} для каждого прохода по формуле:

$$t_n = \frac{l}{V}$$

где l - расстояние между клетями, м;

$$t_{n1} = 34 / 1 = 34 \text{ с}$$

$$t_{n2} = 21,2 / 1,25 = 16,96 \text{ с}$$

$$t_{n3} = 26 / 1,5 = 17,3 \text{ с}$$

$$t_{\gamma 3} = 34,3 / 1,5 = 22,8 \text{ с}$$

$$\Sigma t_n = 34 + 16,96 + 17,3 + 22,8 = 91,06 \text{ с}$$

Теперь нахожу режим прокатки T для черновой группы:

$$T_{\text{черн}} = \Sigma t_M + \Sigma t_n$$

$$T_{\text{черн}} = 23,98 + 91,06 = 115,04 \text{ с}$$

Рассчитываю время паузы t_{γ} и машинное время t_m для чистовой непрерывной группы:

$$t_{m13} = \frac{l_{13}}{V}$$

где l_{13} - длина после прокатки, м

V - скорость перемещения по промежуточному рольгангу, м/с

$$l_{13} = \frac{h_0 b_0 l_0}{h_{13} b_{13}}$$

$$l_{11} = \frac{0,25 \cdot 1,5 \cdot 5}{0,0015 \cdot 1,8} = 694,4 \text{ м}$$

$$t_m = \frac{694,4}{10} = 69,4 \text{ с}$$

$$t_n = \frac{l}{V}$$

где l - расстояние между черновой и чистовой группами, м

$$t_n = \frac{150}{5} = 30 \text{ с}$$

$$T_p = 23,98 + 30 = 53,98 \text{ с}$$

Массу прокатываемого металла G , т определяем по формуле:

$$G = h \cdot b \cdot l \cdot g$$

где g - удельный вес;

$$G = 0,25 * 1,5 * 5 * 7,85 = 14,7 \text{ т}$$

$$A_q = \frac{3600 \cdot 14,7}{115,04} = 460 \text{ м/ч}$$

Форма предоставления результата: Выполненный и напечатанный расчет в формате А4.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.8 Производство горячекатаного металла на полунепрерывном широкополосном стане 2500 ОАО «ММК **Практическая работа № 7**

Построение графика прокатки полунепрерывного стана

Цель работы:

1. Научится строить график полунепрерывного стана холодной прокатки

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета режима обжатий на широкополосных станах, схема расположения оборудования данных станов, индивидуальные задания для выполнения расчётов.

Порядок выполнения работы

1. Выстраиваем график прокатки для стана 2500.
2. данные для построения графика берутся из предыдущего расчета.

Ход работы:

1. Отложить систему координат, на x – будет 3 операции, на y – время, сек.
2. Откладываем каждую операцию по оси y .
3. Всего должно быть 10 операций.
4. Вычерченный график сдаем преподавателю на проверку.

Форма предоставления результата: Выполненный и напечатанный график в формате А4.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.9 Прокатка тонколистовой горячекатаной стали на непрерывном широкополосном стане 2000 ОАО «ММК»

Практическая работа № 8

Расчет режима обжатий на непрерывном стане 2000 ОАО «ММК»

Цель работы:

1. Научится определять режим обжатий по клетям;
2. Строить графики определения толщины полосы в черновой и чистовой клети.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета режима обжатий на широкополосных станах, схема расположения оборудования данных станов, индивидуальные задания для выполнения расчётов

Задание

Таблица 4 – Исходные данные

Вариант	Стан	Исходный сляб	Толщина листа мм	Марка стали
1	2500	250*750*5000	2,0	Ст1
2	2000	250*1000*5000	1,2	Ст2
3	2500	250*1050*5000	3,0	Ст3
4	2000	200*750*6000	4,0	Ст4
5	2500	200*1000*6000	4,0	Ст3Гпс
6	2000	250*2000*7000	3,0	08сп
7	2500	250*1500*7000	1,2	10сп
8	2000	250*1500*3000	2,0	08пс
9	2500	250*1500*9000	5,0	20пс
10	2000	250*1500*10000	5,0	Ст25
11	2500	200*2000*11000	6,0	08ю
12	2000	200*1500*10000	6,0	13гс
13	2500	200*1200*9000	7,0	22гю
14	2000	200*1000*11000	7,0	65г
15	2500	250*2000*10000	8,0	30г
16	2000	200*1200*10000	8,0	40г
17	2500	250*1200*10000	9,0	15г
18	2000	200*1400*11000	9,0	60г
19	2500	200*1500*10000	10,0	50г
20	2000	250*1500*11000	10,0	40х
21	2500	200*1800*10000	2,5	09г2с
22	2000	250*1800*11000	11,0	11юа
23	2500	200*2000*10000	1,8	08ПС

24	2000	200*1500*8000	12,0	Ст5
25	2500	200*1000*5000	2,5	Ст25
26	2000	250*1000*5000	13,0	Ст1
27	2500	200*1200*6000	3,5	Ст4
28	2000	250*1200*6000	14,0	Ст3
29	2500	200*1700*7000	4,5	50Г

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Определяем размеры в окалиноломателе и уширительной клетки;
3. Строим график определения толщины раската по клетям в черновой группе;
4. Определяем абсолютные обжатия по проходам;
5. Строим график определения толщины раската в чистовой группе стана;
6. Определяем абсолютные и относительные деформации в чистовой группе стана.

Ход работы:

Расчет режимов обжатий на стане 2000 для листа 12,0x1600 мм из сляба 250x1500x8000 мм, марка стали 08 сп.

Черновой окалиноломатель

По практическим данным в черновом окалиноломателе $\xi=9,5\%$, что дает обжатие:

$$\Delta h = \xi_h h_0 / 100$$

$$\Delta h = 9,5 * 250 / 100 = 23 \text{ мм}$$

толщина выходящего раската

$$h = 250 - 23,0 = 227 \text{ мм}$$

Уширительная клеть

$$\eta = 1500 / 1600 = 1,2$$

$$h = 227 / 1,2 = 189 \text{ мм}$$

$$\Delta h = 227 - 189 = 38 \text{ мм}$$

$$\zeta = \Delta h / h_0 \cdot 100$$

$$\zeta = 38 / 189 * 100 = 20 \%$$

Черновая группа клетей

Принимаем величины относительных высотных обжатий в первой клетке (28,5), а в последней (40%).

Первая черновая клеть (кварто).

Принимаем значение $\xi=28,5\%$, тогда

$$\Delta h = \xi_h h_0 / 100$$

$$\Delta h = 28,5 * 189 / 100 = 53 \text{ мм}$$

толщина выходящего раската

$$h = h_0 - \Delta h$$

$$h = 189 - 53 = 136 \text{ мм}$$

Зная крайние значения строим график

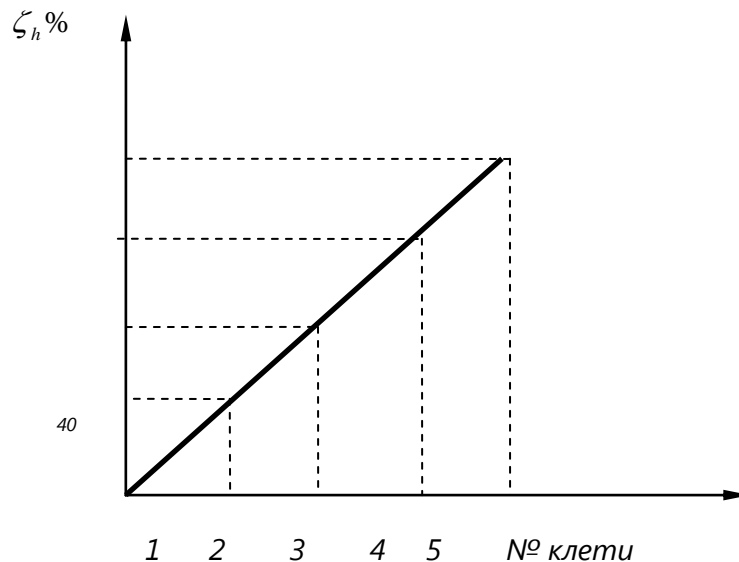


Рисунок 4- График значений относительной деформации по проходам (клетям) при прокатке на черновой группе клетей стана

$$\xi h_1=28,5\% \quad \xi h_2=31\% \quad \xi h_3=32\% \quad \xi h_4=32,5\% \quad \xi h_5=40\%$$

Вторая черновая клеть (кварто). Согласно графику $\xi h_2=31\%$

$$\Delta h = \xi h h_0 / 100$$

$$\Delta h = 31 * 136 / 100 = 42 \text{ мм}$$

$$h = h_0 - \Delta h$$

$$h = 136 - 42 = 94 \text{ мм}$$

Третья черновая универсальная клеть (кварто). Согласно графику

$$\xi h_3 = 32\%$$

$$\Delta h = \xi h h_0 / 100$$

$$\Delta h = 32 * 94 / 100 = 30 \text{ мм}$$

$$h = 94 - 30 = 64 \text{ мм}$$

Четвертая черновая универсальная клеть (кварто). Согласно графику

$$\xi h_4 = 32,5\%$$

$$\Delta h = 32,5 * 64 / 100 = 20 \text{ мм}$$

$$h = 64 - 20 = 44 \text{ мм}$$

Пятая черновая универсальная клеть (кварто). Согласно графику

$$\xi h_5 = 40\%$$

$$\Delta h = 40 * 44 / 100 = 17 \text{ мм}$$

$$h = 44 - 17 = 27 \text{ мм}$$

Горизонтальный окалиноломатель

Принимаем в чистовом окалиноломателе $\Delta h_1 = 0,5$ мм, тогда в первую клеть будет задаваться полоса толщиной $h_1 = 27 - 0,5 = 26,5$ мм, а из последней клетки будет выходить полоса толщиной $h = 12,0$ мм

Чистовая группа клетей

Определим коэффициент высотной деформации общий и средний

$$\eta_{\text{об}} = h_1 / h_7$$

$$\eta_{\text{об}} = 26,5 / 12,0 = 2,2$$

$$\eta_{\text{ср}} = \sqrt[3]{2,2}$$

$$\eta_{\text{ср}} = 1,1$$

тогда

$$h = h_1 / \eta_{\text{ср}}$$

$$h = 26,5 / 1,1 = 24 \text{ мм}$$

а обжатие:

$$\Delta h = 26,5 - 24 = 2,5 \text{ мм}$$

Из первой клетки будет выходить полоса $h=24$ мм, если η будет равен по всем клетям 1,1 мм и

$$\xi_{h_{cp}} = \Delta h_1 / h_1 * 100$$

$$\xi_{h_{cp}} = 2,5 / 24 * 100 = 10 \%$$

Исходя из практических данных работы стана $\xi_{h_1} = 40\%$, что больше $\xi_{h_{cp}}$ в 4 раза, следовательно ξ_{h_7} должно быть во столько раз меньше, т.е.

$$\xi_{h_7} = \xi_{h_{cp}} / 4$$

$$\xi_{h_7} = 2,5 / 4 = 0,625 \%$$

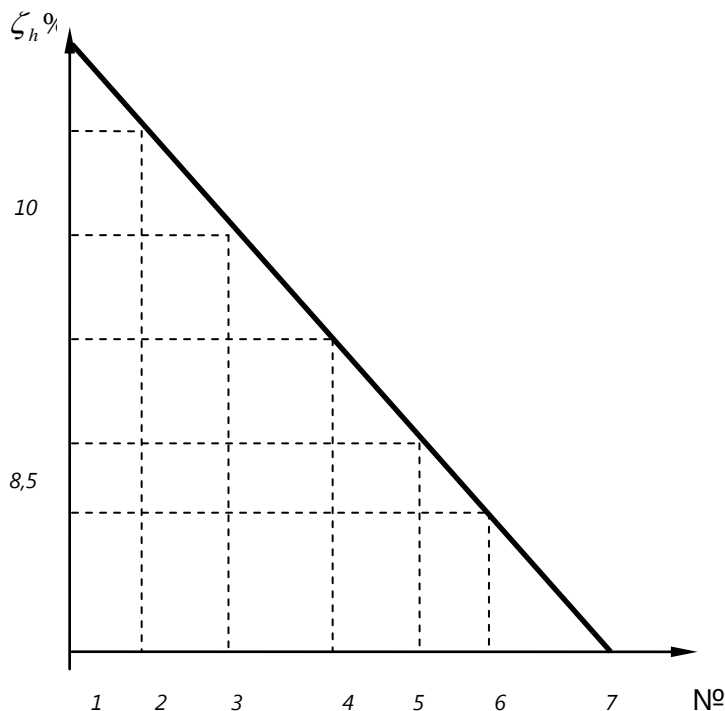


Рисунок 5 - График для значений относительной деформации по клетям чистой группы стана

$\xi_{h_1} = 10\%$; $\xi_{h_2} = 8,5\%$; $\xi_{h_3} = 7,6\%$; $\xi_{h_4} = 7,0\%$; $\xi_{h_5} = 6,8\%$; $\xi_{h_6} = 6,2\%$; $\xi_{h_7} = 6\%$

$$\Delta h_1 = 0,1 * 26,5 = 2,65 \text{ мм};$$

$$h_1 = 26,5 - 2,65 = 23,85 \text{ мм}$$

$$\Delta h_2 = 0,085 * 23,85 = 2,02 \text{ мм};$$

$$h_2 = 23,85 - 2,02 = 21,83 \text{ мм}$$

$$\Delta h_3 = 0,076 * 21,83 = 1,65 \text{ мм};$$

$$h_3 = 21,83 - 1,65 = 20,2 \text{ мм}$$

$$\Delta h_4 = 0,07 * 20,02 = 1,4 \text{ мм};$$

$$h_4 = 20,02 - 1,4 = 18,8 \text{ мм}$$

$$\Delta h_5 = 0,068 * 18,8 = 1,27 \text{ мм};$$

$$h_5 = 18,8 - 1,27 = 17,53 \text{ мм}$$

$$\Delta h_6 = 0,062 * 17,53 = 1,09 \text{ мм};$$

$$h_6 = 17,53 - 1,09 = 16,44 \text{ мм}.$$

Из седьмой клетки должна выходить полоса $h_7 = 12$ мм.

Следовательно:

$$\Delta h_7 = 16,44 - 12 = 4,44 \text{ мм}$$

Форма предоставления результата:

Выполненный и напечатанный расчет в формате А4.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.9 Прокатка тонколистовой горячекатаной стали на непрерывном широкополосном стане 2000 ОАО «ММК»

Практическая работа № 9

Расчет часовой производительности стана 2000 ОАО ММК. Построение графика прокатки полунепрерывного стана

Цель работы:

1. Научиться определять часовую производительность стана
2. Строить графики часовой производительности и знать их характеристики.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета режима обжатий на широкополосных станах, схема расположения оборудования данных станов, индивидуальные задания для выполнения расчётов.

Порядок выполнения работы

1. Определяем длину раската по клетям в черновой группе;
2. Определяем вытяжку по проходам;
3. Рассчитываем машинное время и время паузы в клетях черновой группы стана.
4. Определяем ритм прокатки в черновой группе;
5. Определяем длину раската в чистовой группе стана;
6. Рассчитываем машинное время и время паузы в чистовой группе стана;
7. Определяем ритм прокатки в чистовой группе;
8. Рассчитываем часовую производительность стана.

Ход работы:

Часовая производительность прокатного стана определяется по формуле:

$$A = \frac{3600 * G}{T} \cdot K_u(m / ч)$$

где G – масса прокатываемого Ме

T – ритм прокатки.

K_и – коэффициент использования стана

Для определения режима прокатки T, необходимо найти (t_м,с) машинное время и время паузы t п.с.:

$$t_m = \frac{l}{v}$$

где: L – длина металла после прокатки v – скорость прокатки м/с

$$\lambda = \frac{h_0}{h_1}$$

$$\lambda_1 = \frac{250}{227} = 1,1$$

$$\lambda_2 = \frac{227}{189} = 1,2$$

$$\lambda_3 = \frac{189}{136} = 1,4$$

$$\lambda_4 = \frac{136}{94} = 1,45$$

$$\lambda_5 = \frac{94}{64} = 1,5$$

$$L_1 = \lambda * l_0$$

$$L_1 = 1,1 * 8 = 8,8 \text{ м}$$

$$L_2 = 1,2 * 8,8 = 10,56 \text{ м}$$

$$L_3 = 1,4 * 10,56 = 14,78 \text{ м}$$

$$L_4 = 1,45 * 14,78 = 21,4 \text{ м}$$

$$L_5 = 1,5 * 21,4 = 32 \text{ м}$$

Определяем машинное время t_m , с для каждого прохода:

$$t_{m1} = 8,8 / 1 = 8,8 \text{ с}$$

$$t_{m2} = 10,56 / 1,25 = 8,45 \text{ с}$$

$$t_{m3} = 14,78 / 1,5 = 9,85 \text{ с}$$

$$t_{m4} = 21,4 / 1,5 = 14,27 \text{ с}$$

$$t_{m5} = 32 / 5 = 6,4 \text{ с}$$

$$\sum tm = tm_1 + tm_2 + \dots + tm_5$$

$$\sum tm = 8,8 + 8,45 + 9,85 + 14,27 + 6,4 = 47,77 \text{ с}$$

Определяем время паузы t_p , с для каждого прохода по формуле:

$$t = \frac{l}{v}$$

где L - расстояние между клетями

$$t_{п1} = 34 / 1 = 34 \text{ с}$$

$$t_{п2} = 21,2 / 1,25 = 16,96 \text{ с}$$

$$t_{п3} = 26 / 1,5 = 17,3 \text{ с}$$

$$t_{п4} = 34,3 / 1,5 = 22,8 \text{ с}$$

$$t_{п5} = 49,3 / 5 = 9,8 \text{ с}$$

$$\sum t_i = 34 + 16,96 + 17,3 + 22,8 + 9,8 = 100,86 \text{ с}$$

Теперь находим ритм прокатки T , с для черновой группы:

$$T_{\text{черн}} = 47,77 + 100,86 = 148,63 \text{ с}$$

Рассчитываем время паузы t_p , с и машинное время t_m , с для чистовой непрерывной группы:

$$t_{m13} = \frac{l_{13}}{v}$$

где l_{13} - длина после прокатки.

v - скорость перемещения по промежуточному рольгангу, м.

$$l_{13} = \frac{h_0 \cdot b_0 \cdot l_0}{h_{13} \cdot b_{13}}$$

$$l_{13} = \frac{0,25 * 1,5 * 8}{0,012 * 1,6} = 156 \text{ м}$$

$$t_{m13} = \frac{156}{10} = 15,6 \text{ с}$$

Определяем:

$$m = \frac{l}{v}$$

$$m = \frac{150}{5} = 30$$

$$T_{\text{чист}} = 15,5 + 30 = 45,6 \text{ с}$$

$$G = h * b * l * \gamma$$

$$G = 0,25 * 1,5 * 8 * 7,85 = 23,55 \text{ т}$$

Определим А:

$$A = \frac{3600 \cdot 23,55}{149} = 568,9 \text{ т}$$

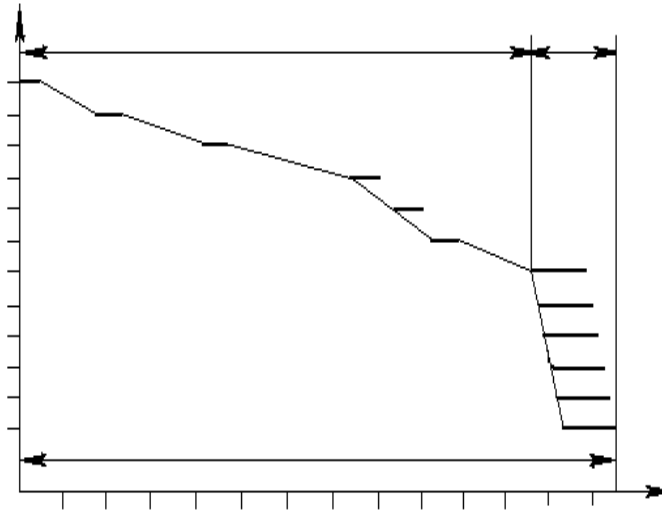


Рисунок 5 – График прокатки

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.12 Производство холоднокатаного металла

Практическая работа № 10

Расчет режима обжатий и натяжений при холодной прокатке

Цель работы:

1. Научится рассчитывать режим обжатий для стана холодной прокатки;
2. Определять технологические параметры холодной прокатки.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации;

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета режимов обжатий, схема расположения оборудования данных станов, индивидуальные задания для выполнения расчётов

Таблица 5 –Исходные данные

№ П/П	Стан	Размер листа	Размер подката	Масса рулона, т
1	630	0,6*400	2,2*400	4,0
2	1200	0,36*1000	2,2*1000	7,0
3	2500	0,6*2000	2,5*2000	12
4	630	0,7*400	2,5*400	3,5
5	1200	0,20*800	2,0*800	6,0
6	2500	0,7*1800	3,0*1800	10
7	630	0,8*400	4,0*400	3,0
8	1200	0,22*1000	2,2*1000	5,0
9	2500	0,8*2000	4,0*2000	8,0
10	630	1,0*400	5,0*400	4,5
11	1200	0,28*800	2,5*800	4,0
12	2500	1,0*1000	4,0*1000	7,0
13	630	1,2*420	5,0*420	5,0
14	1200	0,25*1500	2,5*1500	3,0
15	2500	1,2*1600	3,5*1600	10
16	630	1,5*400	3,5*400	6,0
17	1200	0,20*800	2,2*800	3,5
18	2500	1,5*1000	4,0*1000	12
19	630	1,8*400	405*400	5,0
20	2500	1,8*1500	5,0*1500	14
21	1200	1,8*1000	2,0*1000	4,0
22	630	2,0*420	6,0*420	6,0
23	1200	0,20*850	2,2*850	4,5
24	2500	2,2*1700	6,0*1700	15
25	630	3,0*420	6,0*420	4,0
26	1200	0,32*850	2,8*850	5,0
27	2500	2,5*1800	5,0*1800	14
28	630	2,8*420	5,0*420	3,0
29	1200	0,18*800	2,0*800	6,0

Порядок выполнения работы:

1. Строим диаграмму распределения обжатий по проходам;
2. Определяем по диаграмме размеры прокатываемой полосы и суммарный расход энергии.
3. Определяем абсолютное обжатие по клетям;
4. Определяем суммарные и единичные относительные обжатия;
5. По графикам определяем предел текучести для заданной марки стали;
6. Определяем предел натяжения для каждой клетки.
7. Сводим все расчётные данные в таблицу.

Ход работы:

Необходимо определить режим обжатий при прокатке тонколистовой стали марки 0,8ю толщиной 2,5х1100 мм из подката толщиной 5,5х1100 мм.

Расчет ведем исходя из равномерной загрузки электродвигателей стана, суммарная мощность которых составляет:

$$N_1+N_2+N_3+N_4=5600*4=22400 \text{ кВт}$$

Для указанного графика имеется диаграмма удельного расхода энергии. Согласно этой диаграмме при общем сжатии $h=5.5-2.5=3,0$ мм, суммарный расход энергии составляет 85 кВт/ч. Определим какое количество израсходованной энергии приходится на 1 кВт установленной на стане мощности привода клетей:

$$C=85/22400=0,003$$

Эта величина для данных условий прокатки является постоянной. В связи с тем, что в основу положен расход энергии пропорциональной мощности электродвигателей, определим какую мощность будет расходовать каждый электродвигатель. Для этого умножим мощность каждого электродвигателя на коэффициент C :

$$N_1=N_2=N_3=N_4 \cdot C=5600 \cdot 0.003=16.8$$

Полученные значения откладываем на оси графика, принимая за начало число, отвечающее толщине подката, равной 5.5 мм. Пересечение каждой точки с кривой определяет точку на оси абсцисс, отвечающую толщине выходящей из клетки полосы.

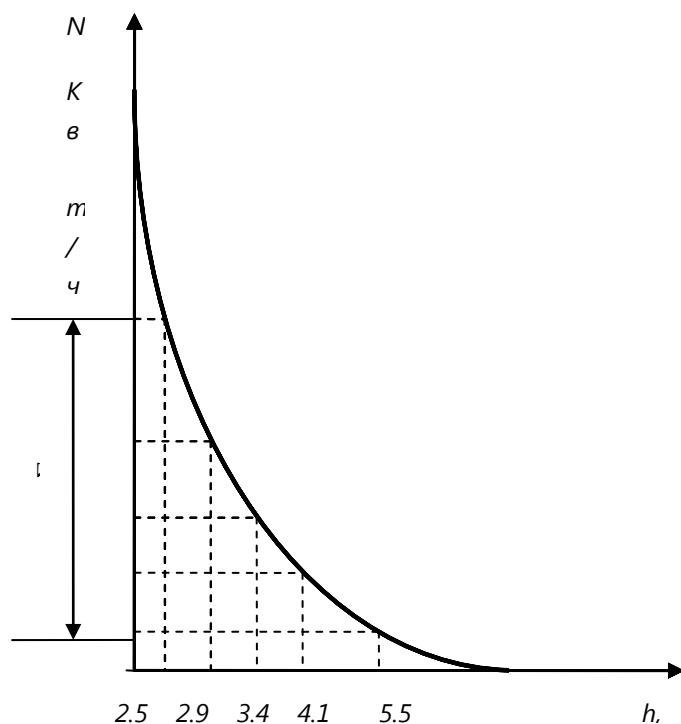


Рисунок 6 – Диаграмма удельного расхода энергии при прокатке полосы толщиной 2,5 мм на валках диаметром 500 мм.

Пересечения каждой точки ординаты с кривой определяет точку на оси абсцисс, отвечающую толщине выходящей из клетки полосы.

$$H=5.5 \text{ мм}; h_1=4.1 \text{ мм}; h_2=3.4 \text{ мм}; h_3=2.9 \text{ мм}; h_4=2.5 \text{ мм}.$$

Тогда обжатие по клетям определяется:

$$\Delta h_1=H-h_1$$

$$\Delta h_1=5.5-4.3=1.2 \text{ мм};$$

$$\Delta h_2=h_1-h_2$$

$$\Delta h_2=4.3-3.6=0.7 \text{ мм};$$

$$\Delta h_3=h_2-h_3$$

$$\Delta h_3=3.6-3.2=0.4 \text{ мм};$$

$$\Delta h_4=h_3-h_4$$

$$\Delta h_4=3.2-2.5=0,7 \text{ мм};$$

Далее можно определить относительное обжатие по клетям:

$$Eh = \frac{\Delta h_n}{h_{n-1}} * 100;$$

$$Eh_1 = (1.2/4.3) * 100 = 34\%$$

$$Eh_2 = (0.7/3.4) * 100 = 20.6\%$$

$$Eh_3 = (0.5/2.9) * 100 = 17.2\%$$

$$Eh_4 = (0.4/2.5) * 100 = 16\%$$

Определяем суммарное обжатие по клетям:

$$\sum Eh_1 = \frac{\Delta h}{h_0} * 100\%;$$

$$\Sigma Eh_1 = (1.4/5.5) * 100 = 25.4\%$$

$$\Sigma Eh_2 = (0.7/5.5) * 100 = 12.7\%$$

$$\Sigma Eh_3 = (0.5/5.5) * 100 = 9.1\%$$

$$\Sigma Eh_4 = (0.4/5.5) * 100 = 7.2\%$$

Значение предела текучести (σ_T) определяется по графику:

$$\sigma_{T1} = 53.7 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{T2} = 45 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{T3} = 41 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{T4} = 37.5 \text{ кг/мм}^2;$$

Определяем натяжение (σ_n) по клетям

$$\sigma_n = (0.5 \div 0.8) \sigma_T$$

$$\sigma_{n1} = 0.3 * 53.7 = 16.1 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{n2} = 0.3 * 45 = 13.5 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{n3} = 0.3 * 41 = 12.3 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{n4} = 0.3 * 37.5 = 11.25 \text{ кг/мм}^2$$

Форма предоставления результата:

Выполненный и напечатанный расчет в формате А4.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.12 Производство холоднокатаного металла

Практическая работа № 11

Расчет часовой производительности станов холодной прокатки

Цель работы:

1. Научится рассчитывать часовую производительность станов холодной прокатки.

2. Пользоваться технологическими инструкциями с цеха

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

Материальное обеспечение: Методические указания для выполнения расчета часовой производительности стана, схема расположения оборудования данных станков, индивидуальные задания для выполнения расчётов.

Таблица 6 - Исходные данные

№ П/П	Стан	Размер листа	Размер подката	Масса рулона, т	Кол-во полос
1	630	0,6*400	2,2*400	4,0	2
2	1200	0,36*1000	2,2*1000	7,0	3
3	2500	0,6*2000	2,5*2000	12	3
4	630	0,7*400	2,5*400	3,5	2
5	1200	0,20*800	2,0*800	6,0	3
6	2500	0,7*1800	3,0*1800	10	2
7	630	0,8*400	4,0*400	3,0	2
8	1200	0,22*1000	2,2*1000	5,0	3
9	2500	0,8*2000	4,0*2000	8,0	2
10	630	1,0*400	5,0*400	4,5	3
11	1200	0,28*800	2,5*800	4,0	2
12	2500	1,0*1000	4,0*1000	7,0	2
13	630	1,2*420	5,0*420	5,0	2
14	1200	0,25*1500	2,5*1500	3,0	3
15	2500	1,2*1600	3,5*1600	10	3
16	630	1,5*400	3,5*400	6,0	2
17	1200	0,20*800	2,2*800	3,5	3
18	2500	1,5*1000	4,0*1000	12	2
19	630	1,8*400	405*400	5,0	3
20	2500	1,8*1500	5,0*1500	14	2
21	1200	1,8*1000	2,0*1000	4,0	2
22	630	2,0*420	6,0*420	6,0	3
23	1200	0,20*850	2,2*850	4,5	3
24	2500	2,2*1700	6,0*1700	15	2
25	630	3,0*420	6,0*420	4,0	2
26	1200	0,32*850	2,8*850	5,0	3
27	2500	2,5*1800	5,0*1800	14	2

Порядок выполнения работы:

1. Определяем заправочную скорость;
2. Определяем время пропуска переднего конца от 1 клетки до моталки;
3. Определяем время на закрепление конца рулона в моталке;
4. Определяем время для замедления 4 клетки;
5. Определяем время для замедления и ускорения швов;
6. Определяем длину полосы при работе двигателя;
7. Определяем время прокатки на рабочей скорости;
8. Определяем часовую производительность.

Ход работы:

Часовая производительность 4-х клетового стана 2500 холодной прокатки без учета времени простоев при прокатке полосы 2,5x1100 мм из 3-х полосного рулона 5,5x1100 мм, весом 20 т определяется по формуле:

$$A = 3600 * G / T; \text{ т/час}$$

где G – масса прокатываемого рулона; T – ритм прокатки.

$$T = T_{\text{ц}} - T_{\text{п}}$$

где $T_{\text{ц}}$ – цикл прокатки, т.е. продолжительность всех операций при прокатке одного рулона;

$T_{\text{п}}$ – время перекрытия

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + \dots + t_{10}$$

t_1 – установка рулона на разматыватель;

t_2 – захват переднего конца отгибателем и подача его в первую клетку;

t_3 – пропуск переднего конца от 1 клетки до моталки;

t_4 – закрепление конца рулона в моталке;

t_5 – ускорение двигателей стана от заправочной скорости до рабочей;

t_6 – прокатка на установленной скорости;

t_7 – время замедления и ускорения при прокатке швов;

t_8 – замедление двигателей стана;

t_9 – прокатка заднего конца полосы на заправочной скорости;

t_{10} – снятие рулона с барабана моталки.

Продолжительность этих операций определяется либо только хронометражем, либо и хронометражем и расчетами.

Принимаем по данным хронометражных наблюдений:

$$t_1 = 45 \text{ с}, t_2 = 45 \text{ с}, t_{10} = 40 \text{ с}.$$

Заправочные скорости определяются исходя из условий постоянства секундных объемов:

$$V_1 h_1 = V_2 h_2 = V_3 h_3 = V_4 h_4,$$

где V_1, V_2, V_3, V_4 , – заправочные скорости после соответствующих клеток, м/с;

h_1, h_2, h_3, h_4 – толщина полосы после соответствующих клеток.

$$h_1 = 4.1 \text{ мм}; h_2 = 3.4 \text{ мм}; h_3 = 2.9 \text{ мм}; h_4 = 2.5 \text{ мм}.$$

Заправочная скорость прокатки в последней клетке $V_4 = 0,8$ м/с.

Следовательно:

$$V_3' = V_4 h_4 / h_3 = (0,8 * 2.5) / 2.9 = 0,7 \text{ м/с};$$

$$V_2' = V_4 h_4 / h_2 = (0,8 * 2.5) / 3.4 = 0,6 \text{ м/с};$$

$$V_1' = V_4 h_4 / h_1 = (0,8 * 2.5) / 4.1 = 0,5 \text{ м/с};$$

Время пропуска переднего конца от первой клетки до моталки:

$$t_3 = L_1 / V_1' + L_2 / V_2' + L_3 / V_3' + L_4 / V_4',$$

где L_1, L_2, L_3, L_4 – расстояние между клетками, равное 4.5 м;

$$t_3 = 37 \text{ с}.$$

Время на закрепление конца рулона в моталке:

$$t_4 = \pi * D_{\delta} * n / V_4',$$

где D_{δ} – диаметр барабана моталки, равный 0,8 м;

n – число оборотов, необходимое на закрепление рулона.

$$t_4 = 3,14 * 0,8 * 3 / 0,8 = 10 \text{ с}.$$

Время на ускорение двигателя пятой клетки от заправочной до рабочей:

$$t_5 = (V_4 - V_4') / a,$$

где a – ускорение двигателя в 4 клетки, равное 3 м/с².

$$t_5 = (20 - 0,8) / 3 = 7 \text{ с}.$$

Время на замедления двигателя 4 клетки от рабочей V_4 до заправочной V_4' :

$$t_8 = (V_4 - V_4') / b,$$

где b – замедление в 4 клетки, равное 2 м/с².

$$t_8 = (20 - 0,8) / 2 = 10 \text{ с}.$$

Время прокатки заднего конца полосы на заправочной скорости:

$$t_9 = t_3 = 37 \text{ с}.$$

Время на замедление и ускорение при прокатке швов:

$$t_7 = n * ((V_4 - V_4') / a + (V_4 - V_4') / b),$$

где n – количество швов, равное 2

V_4'' – скорость прокатки швов, равная 2,5 м/с.

$$t_7 = 2 * ((20 - 2,5)/3 + (20 - 2,5)/2) = 30 \text{ с.}$$

Длина полосы, прокатываемой на заправочной скорости:

$$L' = V_4' * (t_3 + t_4 + t_9)$$

$$L' = 0,8(37 + 10 + 37) = 67 \text{ м.}$$

Длина полосы, прокатываемой при ускорении двигателя:

$$L_y = V_4 + V_4' / 2;$$

$$L_y = ((20 + 0,8)/2) * 7 = 73 \text{ м.}$$

Длина полосы, прокатываемой при замедлении двигателя:

$$L_3 = V_4 + V_4' / 2$$

$$L_3 = (20 + 0,8/2) * 10 = 104 \text{ м.}$$

Длина полосы при прокатке швов на скорости прокатки швов:

$$L_{ш} = V_4 + V_4' / 2 L_{ш}$$

$$L_{ш} = (20 + 25)/2 * 30 = 330 \text{ м.}$$

Длина полосы, прокатываемой на рабочей скорости:

$$L_p = L_n - (L' + L_y + L_3 + L_{ш})$$

где L_n – длина рулона.

$$L_n = G / (\gamma * b * h_4)$$

$$L_n = 20 / (7,85 * 1,1 * 0,0004) = 5790,4 \text{ м;}$$

$$L_p = 5790,4 - (67 + 73 + 104 + 330) = 5216,4 \text{ м.}$$

Время прокатки на рабочей скорости:

$$t_6 = L_p / V_4$$

$$t_6 = 5216,4 / 20 = 260,82 \text{ с}$$

$$T_{ц} = 45 + 45 + 37 + 10 + 7 + 260,82 + 30 + 10 + 37 + 40 = 550,82 \text{ с}$$

Время перекрытия:

$$T_{п} = 30 \text{ с;}$$

$$T = 550,82 - 30 = 520,82 \text{ с}$$

$$A = (3600 * 20) / 520,82 = 138,3 \text{ т/час.}$$

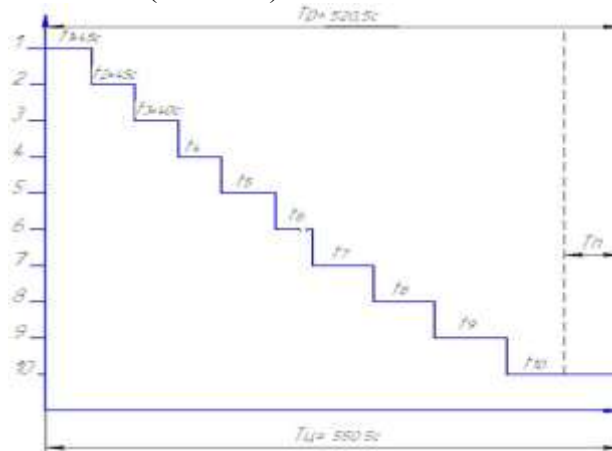


Рисунок 7 – График прокатки

Форма предоставления результата:

Выполненный и напечатанный расчет в формате А4.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.13 Калибровка угловой стали

Практическая работа № 12

Методика расчета калибровки угловой стали. Расположение калибра в валках и их построение

Цель работы:

1. Научиться использовать типовую методику для расчета калибровки валков для прокатки угловой стали.
2. Закрепить полученные знания на примере расчета калибровки.

Материальное обеспечение: методическое пособие к практической работе, справочная литература.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

Задание

1. Ознакомится с расчетом калибровки валков при прокатке угловой стали.
2. Сделать выводы.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Подготовить защиту данной практической работы.

Ход работы:

Исходные данные для расчета калибровки валков должны содержать технические характеристики стана, размеры готового профиля марку стали и начальную температуру прокатки; иногда указывают дополнительные ограничения на условия прокатки и физико-механические свойства профиля.

Расчет выполняется в следующем порядке.

1. Определяют размеры чистого калибра.
2. Рассчитывают «горячие» основные размеры профиля, определяют среднюю линию полка и высоту чистого калибра. С учетом типа стана выбирают количество проходов фасонных калибрах пу (для мелких и средних профилей количество проходов составляет 4-5, для крупных 6-7 проходов) и составляют схему прокатки (маршрутную схему).
3. Рассчитывают общий и частные по проходам коэффициенты обжатия и проверяют выполнение условия. При необходимости корректируют частные коэффициенты обжатия, учитывая ограничения по устойчивости раската при прокатке: .
4. Рассчитывают параметры условного чистого калибра.
5. Последовательно против хода прокатки определяют параметры деформации, размеры поперечного сечения раската и рассчитывают размеры угловых калибров, соблюдая ограничения по условиям входа раската в калибр (ширина задаваемого раската должна быть меньше ширины калибра). При необходимости корректируют размеры калибра.
6. Определяют положение нейтральной линии калибра и с ее учетом определяют рабочие диаметры.
7. Определяют скорость прокатки и распределение температуры металла по проходам. С использованием метода «приведенной полосы» рассчитывают

энергосиловые параметры. Проверяют ограничения по условиям захвата металла валками, прочности оборудования и мощности приводов

Форма предоставления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему расположения чистового калибра. Выводы предоставить в устной форме

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.14 Калибровка двутавровой балки и швеллера

Практическая работа № 13

Методика расчета калибровки двутавровой балки. Расположение балочных калибров в валках и их построение

Цель работы:

1. Освоить расположение балочных калибров в валках.
2. Освоит методику расчета калибровки двутавровой балки.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

Материальное обеспечение: Методическое указание к проведению практической работы

Задание

1. Рассчитать калибровку валков для прокатки двутавровой балки по полученным данным.
2. Вычертить схему калибровки валков.
3. Построить схему балочных калибров в алках.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Рассчитать калибровку двутавровой балки по полученным данным.
3. Расчет оформить в тетради.
4. Вычертить схему калибровки угловой стали.
5. Защитить практическую работу.

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему расположения чистового калибра. Выводы предоставить в устной форме.

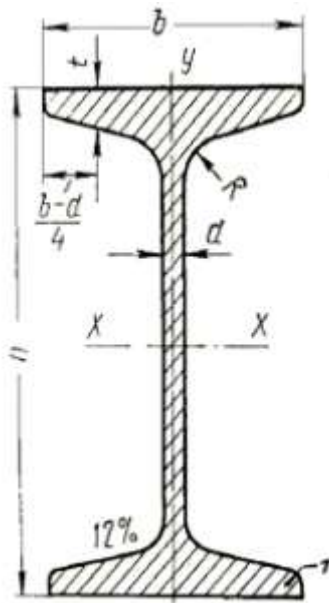


Рисунок 8 – Профиль двутавровой балки

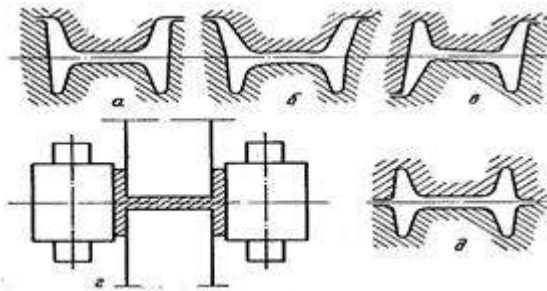


Рисунок 9 – Типы балочных калибров

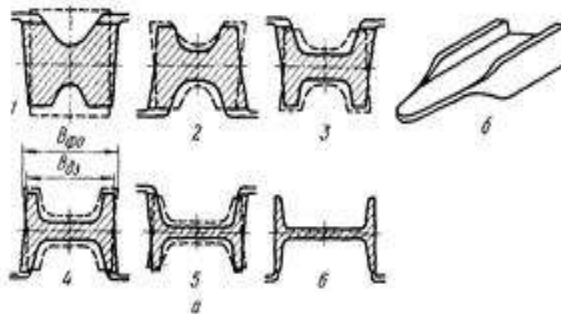


Рисунок 10 – Схемы прокатки балок малых размеров

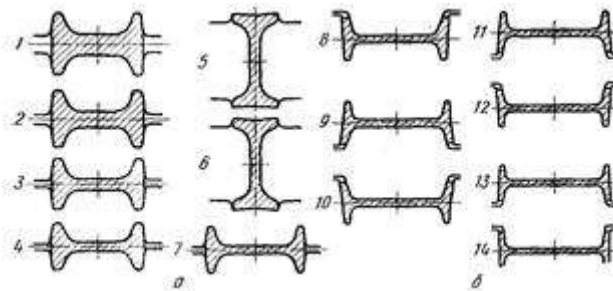


Рисунок 11 – Схемы прокатки балок крупных и средних размеров

Произведем расчет калибровки для прокатки двутавровой балки №36 на стане 800 НТМК, пользуясь методом А.П. Чекмарева. Размеры холодного профиля балки и допуски принимаем по ГОСТ 8239–72. Размеры профиля приведены в таблице. Уклон внутренней грани полок принимаем $\leq 12\%$. Пользуясь графиком выбираем восемь фасонных калибров. Так как данный профиль является среднесортным профилем, то для схемы прокатки мы принимаем, что все восемь калибров прямые закрытые. Так как стан для прокатки полунепрерывный, то калибры располагаются в каждой клетке. Мы принимаем, что в ходе прокатки в чистовой группе у нас не задействованы одна вертикальная и одна горизонтальная клетки.

Таблица 7 -Основные размеры балка двутавровой №36 по ГОСТ 8239–72

Размеры в мм					
h	b	d	t	R	r
360	145	7,5	12,3	14	6

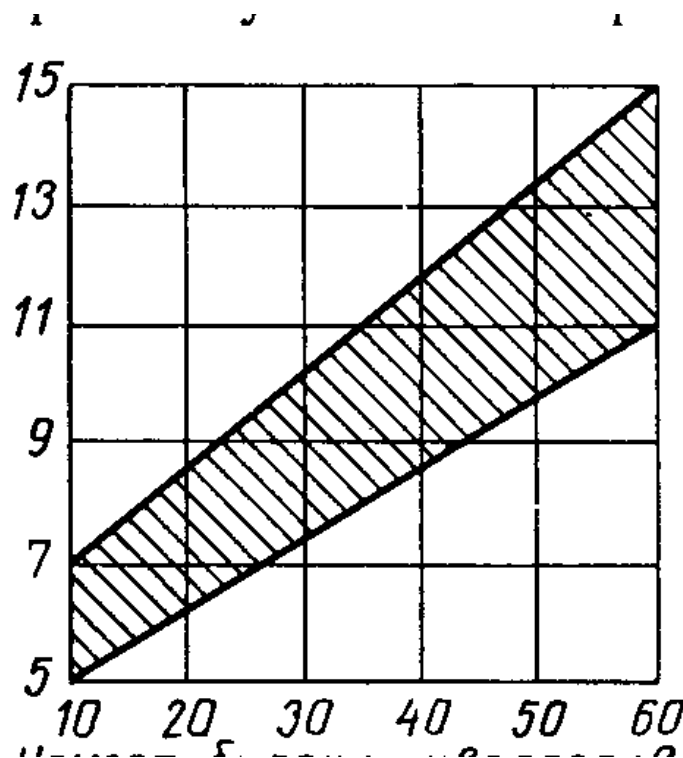


Рисунок 12- График для выбора числа калибров при прокатке балки

Учитывая износ валка и целесообразность прокатки на минус, а также температурное расширение профиля примем следующие размеры чистового калибра. Ширина (высота балки):

$$B8 = (h - 3) * 1,012 \text{ мм,}$$

где h – высота балки по ГОСТ 8239–72;

3 – допускаемое отклонение на минус по высоте балки;

1,012 – поправочный коэффициент учитывающий тепловое расширение металла.

Высота (ширина полки):

$$H8 = (b - 3) * 1,012 \text{ мм,}$$

где b – ширина полки по ГОСТ 8239–72;

3 – допускаемое отклонение на минус по ширине полки;

$1,012$ – поправочный коэффициент учитывающий тепловое расширение металла.

Средняя толщина фланцев:

$$t_8 = (t - t * 0,06) * 1,012 \text{ мм},$$

где t – средняя толщина полки по ГОСТ 8239–72

$0,06$ – допускаемое отклонение по средней толщине полки в процентных долях;

$1,012$ – поправочный коэффициент учитывающий тепловое расширение металла.

Толщина стенки калибра:

$$d_8 = d * 1,012 \text{ мм},$$

где d – толщина стенки калибра;

$1,012$ – поправочный коэффициент учитывающий тепловое расширение металла.

Высота фланца:

$$h_8 = \frac{H_8 - d_8}{2} \text{ мм},$$

где H_8 – высота калибра;

d_8 – толщина стенки калибра.

Толщина фланца у основания калибра:

$$B_8 = t_8 + 0,5h_8 * \operatorname{tg}\varphi_8 \text{ мм},$$

где t_8 – средняя толщина фланцев;

h_8 – высота фланцев;

$\operatorname{tg}\varphi_8$ – тангенс углов наклона фланцев $\operatorname{tg}\varphi_8 = 0,12$.

Толщина фланцев у вершины:

$$a_8 = 2t_8 - b_8 \text{ мм},$$

где t_8 – средняя толщина фланцев;

b_8 – толщина фланца у основания калибра.

Площадь поперечного сечения фланца:

$$q_{\text{фл}} = t_8 * h_8 \text{ мм}^2,$$

где t_8 – средняя толщина фланцев;

h_8 – высота фланцев.

Площадь поперечного сечения чистового калибра:

$$q_8 = 4q_{\text{фл}} + B_8 * d_8 \text{ мм}^2,$$

где $q_{\text{фл}}$ – площадь поперечного сечения фланца;

B_8 – ширина калибра;

d_8 – толщина стенки калибра.

Уширение ΔB_1 и суммарное уширение ΔB_{2-8} предварительно выбираем по графику
Общее уширение:

$$\sum \Delta B_{1-8} = \Delta B_1 + \Delta B_{2-8} \text{ мм}$$

где ΔB_1 – уширение для разрезного калибра;

ΔB_{2-8} – уширение в остальных калибрах.

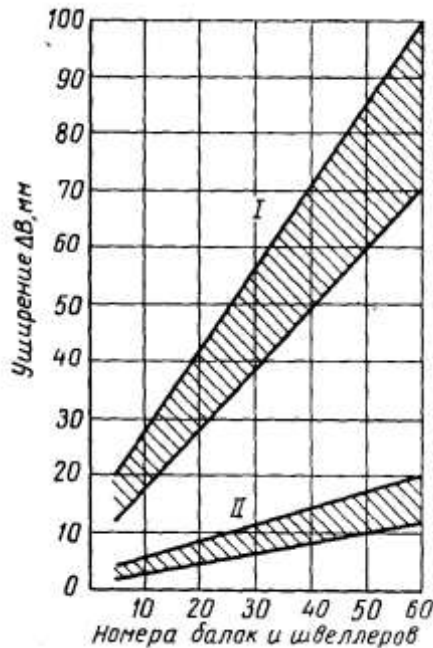


Рисунок 13 - График для выбора величины уширения в двутавровых и швеллерных калибрах

Ширина заготовки:

$$B_0 = B_7 - \sum \Delta B_{1-8} \text{ мм},$$

где B_8 – ширина калибра;

$\sum \Delta B_{1-8}$ – общее уширение.

Ширина разрезного калибра:

$$B_1 = B_0 + \Delta B_1 \text{ мм}.$$

Выбираем утяжку металла в закрытых фланцах $\Delta h_{\text{зут}} = 8$ мм. Приращение высоты выбираем в пределах $\Delta h_{\text{пр}} = 0,75$ ч 2 мм. Значения высот фланцев всех калибров принимаются с учетом место чередования мест разъемов валков. В чистовом калибре открытым фланцем является нижний, закрытым – верхний.

Толщину у основания открытого фланца разрезного калибра принимаем в пределах:

$$b_1 \approx (0,35 \text{ ч } 0,45) * B_1 \text{ мм},$$

где B_1 – ширина разрезного калибра.

Толщину у основания закрытого фланца разрезного калибра принимаем в пределах:

$$a_1 \approx (0,4 - 0,5) * b_1 \text{ мм},$$

где b_1 – толщина у основания открытого фланца разрезного калибра.

Для определения размеров фланцев остальных калибров будем исходить из следующих положений:

Площади фланцев устанавливаем по выбранным коэффициентам вытяжки:

Для определения размеров открытых фланцев воспользуемся точкой К, которая даст возможность установить наклон внутренних граней открытых фланцев и, следовательно, размеры b и a ;

Для определения размеров закрытых фланцев исходим из размеров большого открытого фланца, причем предусматриваем незначительное защемление в закрытый фланец в последних калибрах.

$$\frac{a_2}{a_1} = 1,15 \div 0,95$$

Согласно практическим данным принимаем:

Т.е. коэффициент деформации у вершины закрытого фланца будет изменяться по ходу прокатки от 1,15 (защемление) до 0,95 (свободный заход в закрытый фланец). В случае необходимости размеры а и b можно скорректировать.

Находим координаты точки К, имея в виду, что в разрезном калибре нижний фланец открытый:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\varphi_2 &= 0,12; \\ \operatorname{tg}\varphi_1 &= \frac{b_1 - a_1}{h_1}, \end{aligned}$$

где b_1 – толщина у основания открытого фланца разрезного калибра;

a_1 – толщину у основания закрытого фланца разрезного калибра;

h_1 – высота нижнего фланца.

Тогда найдем расстояние точки К от наружной грани фланцев:

$$e = \frac{b_1 \operatorname{tg}\varphi_2 - b_2 \operatorname{tg}\varphi_1}{\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2}$$

где $\operatorname{tg}\varphi_1$ и $\operatorname{tg}\varphi_2$ – тангенсы углов наклона внутренних граней фланцев разрезного и чистового калибров;

b_2 и b_1 – толщина фланцев у основания чистового и разрезного калибров.

Найдем расстояние от основания до точки К:

$$H_K = \frac{e - b_2}{\operatorname{tg}\varphi_2} = \frac{e - b_1}{\operatorname{tg}\varphi_1} \text{ мм,}$$

где e – расстояние точки К от наружной грани фланцев;

b_2 и b_1 – толщина фланцев у основания чистового и разрезного калибров;

$\operatorname{tg}\varphi_1$ и $\operatorname{tg}\varphi_2$ – тангенсы углов наклона внутренних граней фланцев разрезного и чистового калибров.

Принимаем площадь закрытого фланца равной площади открытого $q_1' = q_1$, тогда размеры закрытого верхнего фланца определим с учетом высоты последнего h_1' :

$$a_1' = \frac{h_1}{h_1'} a_1 \text{ мм,}$$

где h_1 – высота закрытого фланца;

h_1' – высота открытого фланца;

a_1 – толщину у основания закрытого фланца разрезного калибра.

$$b_1' = \frac{h_1}{h_1'} b_1 \text{ мм,}$$

где h_1 – высота закрытого фланца;
 h_1' – высота открытого фланца;
 b_1 – толщина фланцев у основания разрезного калибров.

Площадь фланцев:

$$q_1' = q_1 = \frac{b_1 - a_1}{2} h_1 \text{ мм}^2.$$

Толщина стенки разрезного калибра:

$$d_1 = \frac{2q_1 d_7}{2q_{\text{фл.к}} + 0,5d_8 \Delta B_{2-8}} \text{ мм},$$

где q_1 – площадь открытого фланца;
 d_7 – толщина стенки чистового калибра;
 $q_{\text{фл}}$ – площадь поперечного сечения фланца разрезного калибра;
 ΔB_{1-7} – общее уширение,

Общая высота калибра:

$$H_1 = h_1 + h_1' + d_1 \text{ мм},$$

где h_1 – высота закрытого фланца;
 h_1' – высота открытого фланца;
 d_1 – толщина стенки разрезного калибра.

Корректируя размеры разрезного калибра с учетом закругления и угла захвата в пределах 33–350, принимаем толщину d_1' ,

Площадь поперечного сечения разрезного калибра q_1 с учетом дополнительной площади $q_{\text{доп}}$ при толщине d_1' составляет:

$$q_1 = 4 * q_1' + d_1' * B_1 \text{ мм}^2$$

где q_1' – площадь закрытого фланца;
 d_1 – толщина стенки разрезного калибра;
 B_1 – ширина разрезного калибра.

Высота исходной заготовки:

$$H_0 = 0,5 * H_1 + 0,5 \frac{B_0 H_1^2}{q_1} \text{ мм},$$

где H_1 – общая высота калибра;
 q_1 – площадь открытого фланца;
 B_0 – ширина заготовки.

Коэффициент вытяжки в разрезном калибре:

$$\mu_1 = \frac{H_0 B_0}{q_1} 0,97$$

где H_0 – высота исходной заготовки;
 B_0 – ширина заготовки;
 q_1 – площадь открытого фланца;
0,97 – коэффициент учитывающий действие сил контактного трения.

Угол захвата:

$$\alpha = \arccos \frac{H_0 + b_1}{D_0 - b_1},$$

где H_0 – высота исходной заготовки;
 b_1 – толщина фланцев у основания разрезного калибра;
 $D_в$ – диаметр валков данной клетки.

Определим размеры промежуточных калибров.

Общий коэффициент вытяжки во фланцах (без учета уширения стенки, которое относится к деформации фланцев):

$$\sum_2^8 \mu_{\phi n 2-8} = \frac{q_{\phi n 1}}{q_{\phi n 8}}$$

где $q_{\phi 1}$ – площадь поперечного сечения фланца разрезного калибра;
 $q_{\phi 8}$ – площадь поперечного сечения фланца чистового калибра.

Выбираем коэффициенты вытяжки во фланцах:

$$\sum_2^8 \mu_{\phi n 2-8} = \mu_{\phi n 2} \mu_{\phi n 3} \mu_{\phi n 4} \mu_{\phi n 5} \mu_{\phi n 6} \mu_{\phi n 7} \mu_{\phi n 8}$$

где $\mu_{\phi n 2} \dots \mu_{\phi n 8}$ – коэффициенты вытяжки во фланцах.

Определим площади поперечного сечения фланцев по проходам:

$$q_{\phi n i} = \frac{q_{\phi n i-1}}{\mu_{\phi n i}} \text{ мм}^2,$$

где $q_{\phi 1}$ – площадь поперечного сечения фланца;

$\mu_{\phi n i}$ – коэффициент вытяжки во фланце.

Общий коэффициент уменьшения толщины стенки, или общий коэффициент вытяжки μ , равен:

$$\sum_2^8 \mu = \sum_2^8 \frac{d_1}{d_8}$$

где d_1 – толщина стенки разрезного калибра;

d_8 – толщина стенки предчистового калибра.

Общий коэффициент уменьшения толщины стенки меньше общего коэффициента вытяжки фланцев вследствие того, что часть металла из фланцев идет на уширение стенки.

Поэтому для стенок принимаем следующий ряд коэффициентов:

$$\sum_2^8 \mu = \mu_2 \mu_3 \mu_4 \mu_5 \mu_6 \mu_7 \mu_8$$

Определим значения толщины стенки в калибрах:

$$d_i = \frac{d_{i-1}}{\mu_i} \text{ мм}$$

где d_i – толщина стенки данного калибра;

μ_i – коэффициент вытяжки стенки данного калибра.

Распределение уширения по калибрам принимаем пропорционально деформации по стенкам:

$$\sum_2^8 (\mu_{\phi n 2-8} - 1)$$

Коэффициент пропорциональности:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta B_i}{\sum_{i=1}^n (\mu_i - 1)}$$

где $\sum \Delta B_i$ – общее уширение;

$\sum_{i=1}^n (\mu_i - 1)$ – суммарное уширение.

Определим уширение в каждом калибре:

$$\Delta B_i = m(\mu_i - 1) \text{ мм}$$

где m – коэффициент пропорциональности;

μ_i – коэффициент вытяжки стенки данного калибра.

Сумма уширения по калибрам должна равняться ΔB_{2-8} .

Определяем ширину калибра:

$$B_i = B_{i-1} + \Delta B_i \text{ мм,}$$

где B_i – ширина калибра;

ΔB_i – уширение в каждом калибре.

Определим размеры открытого фланца, пользуясь точкой К.

Средняя толщина открытого фланца:

$$t_i = \frac{q_{\text{фл}i}}{h_i} \text{ мм,}$$

где $q_{\text{фл}i}$ – площади поперечного сечения открытых фланцев по проходкам;

h_i – высота открытого фланца.

Средняя толщина закрытого фланца:

$$t_i' = \frac{q_{\text{фл}i}'}{h_i} \text{ мм,}$$

где $q_{\text{фл}i}'$ – площади поперечного сечения закрытых фланцев по проходкам;

h_i' – высота закрытого фланца.

Тангенс угла наклона стенки:

$$\text{tg} \varphi_i = \frac{t_i + e}{H_K - 0.5h_i},$$

где t_i – средняя толщина открытого фланца;

e – расстояние точки К от наружной грани фланцев;

H_K – расстояние от основания до точки К;

h_i – высота открытого фланца.

Толщина фланца у основания:

$$b_i = H_K * \text{tg} \varphi_i - e \text{ мм,}$$

где H_K – расстояние от основания до точки К;

$\text{tg} \varphi_i$ – тангенс угла наклона стенки;

e – расстояние точки К от наружной грани фланцев.

Толщина фланцев у края:

$$a_i = 2t_i - b_i \text{ мм,}$$

где t_i – средняя толщина открытого фланца;

b_i – толщина фланца у основания.

Принимаем коэффициент заземления у края закрытых фланцев $\eta = 1,15$

Определим толщину фланцев:

$$a_i' = \frac{a_i}{\eta_i} \text{ мм,}$$

где a_i' – толщина фланцев у края;

η_i – коэффициент заземления у края закрытых фланцев.

Толщина фланцев у основания:

$$b_i' = 2t_i' - a_i' \text{ мм,}$$

где t_i' – средняя толщина закрытого фланца;

a_i' – толщина фланцев.

Радиусы закругления между стенкой и фланцем:

$$R = c \frac{b_1 + b_2}{2} \text{ мм,}$$

где $c = \frac{R}{b}$ – отношение радиуса закругления к толщине фланца у основания для чистового калибра.

b_0 – толщина фланца у основания открытого калибра;

b_3 – толщина фланца у основания закрытого калибра.

Радиус закругления у вершины закрытого фланца:

$$r = c * a \text{ мм,}$$

где $c = \frac{r}{a}$ – отношение радиуса закругления у вершины закрытого фланца к толщине фланца у вершины чистового калибра;

a – толщина закрытого фланца у вершины.

Межвалковый зазор для крупносортовых станков с подшипниками качения

Для обжимной клетки:

$$S = (0,015 - 0,025) * D_{в} \text{ мм.}$$

Для черновых клетей:

$$S = (0,01 - 0,014) * D_{в} \text{ мм.}$$

Для чистовых клетей:

$$S = (0,006 - 0,007) * D_{в} \text{ мм}$$

где $D_{в}$ – диаметр валков в которых ведется прокатка.

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему расположения чистового калибра, выводы.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 2.15 Калибровка круглой и квадратной стали

Практическая работа № 14

Расчет калибровки круглой стали.

Цель работы:

1. Освоить методику расчета калибровки валков для прокатки круглой стали.
2. Изучить этапы построения схемы калибровки для круглой стали.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

Материальное обеспечение: Методическое указание.

Задание

1. Рассчитать калибровку валков для прокатки круглой стали на стане 370 ОАО ММК.
2. Оформить расчет в рабочей тетради.

Порядок выполнения работы

Калибровкой прокатных *валков* называется определение форм размеров и числа калибров, размеренных на валках для получения готового профиля.

Калибр прокатных валков - это просвет, образованный врезками в валках или ручьем в вертикальной плоскости, проходящей через оси валков.

Калибровка должна обеспечить прокатку из заготовки требуемого профиля необходимой формы и размеров в пределах принятых допусков, а также хорошее качество проката, максимальную производительность прокатки, минимальные износ и расход энергии, затрачиваемой на работу прокатного стана.

Прокатка профиля вначале ведется в вытяжных калибрах, предназначенных только для уменьшения площади сечения прокатываемой заготовки. При уменьшении площади сечения заготовки последняя вытягивается в длину без приближения формы сечения полосы к требуемой, поэтому эти калибры называются вытяжными. После прохода в вытяжных калибрах заготовка прокатывается в отделочных калибрах. Отделочные калибры разделяются на предчистовые и чистовые калибры. В предчистовых калибрах (их может быть несколько или один) наряду с дальнейшим уменьшением площади конфигурация сечения приближается к заданной форме готового профиля, и формируются отдельные его элементы. В чистовом калибре (он всегда один) требуемые формы и размер профиля формируются окончательно, размещается он на последнем проходе прокатки.

Для увеличения срока службы калибров расчет производится на получение профиля с минусовыми допусками его размеров. С целью учета снижения размеров профиля, прокатываемого в горячем состоянии при охлаждении, необходимо умножить величину размеров профиля в холодном состоянии на коэффициент $1,01-1,015$.

Определяем размеры чистового и предчистового калибров для прокатки круглой стали $\varnothing 35$ мм на крупносортом стане 370 ОАО ММК. Заготовка имеет размеры $150 \times 150 \times 12000$ мм. Прокатывается ст0.

Чистовой круглый калибр исполняется с развалом, т.е. ширина калибра (горизонтальный диаметр) принимается больше диаметра круга.

Согласно схеме калибровки предчистовой калибр (овальный) может быть в виде однорадиусного или плоского овала. Между размерами предчистового овала и диаметром готового круга существует зависимость. Если вытяжка в овальном калибре

задана, то размеры его корректируем так, чтобы получилась лучшая площадь калибров.

Диаметр калибра с учетом теплового расширения:

$$d = 1,013 \cdot d_{\text{нн}};$$

$$d = 1,013 \cdot 35 = 35,5 \text{ мм}$$

Принимаем по графику стр 134 $t=3,5$ мм

Горизонтальный диаметр калибра:

$$d_{\bar{a}} = 2,089 \cdot R - 0,3 \cdot t;$$

$$d_{\bar{a}} = 2,089 \cdot \frac{35,5}{2} - 0,3 \cdot 3,5 = 36 \text{ мм}$$

Радиус закругления фаски у разъема калибра:

$$r = (0,08 \div 0,1) \cdot d;$$

$$r = (0,08 \div 0,1) \cdot 35,5 = 28,4 \text{ мм}$$

Площадь круглого калибра:

$$F_{\text{кд}} = 0,785 \cdot d^2;$$

$$F_{\text{кд}} = 0,785 \cdot 35,5^2 = 989,29 \text{ мм}^2$$

По графику (рис. 87а) для $\varnothing 20$ мм определяем отношение h/d

$$h/d=0,87$$

$$h=0,87 \cdot 35=30,5$$

По графику определяем отношение h/b

$$h/b=0,62$$

$$b = \frac{30,5}{0,62} = 49,1 \text{ мм}$$

Принимаем $t=3,5$ мм т.к. t чистового калибра равно t предчистового.

Радиус очертания однорадиусного овала:

$$R = \frac{b^2 + (h-t)^2}{4 \cdot (h-t)};$$

$$R = \frac{35,5^2 + (30,5 - 3,5)^2}{4 \cdot (30,5 - 3,5)} = 22,5 \text{ мм}$$

Площадь овала:

$$F_{\text{оа}} = b \cdot t + \frac{2}{3} \cdot b \cdot (h-t)$$

$$F_{ia} = 49,1 \cdot 3,5 + 2/3 \cdot 49,1(30,5 - 3,5) = 1054,75 \text{ мм}^2$$

Форма продольного калибра соответствует выбранной схеме прокатки. Этот калибр должен иметь определенные размеры для получения нужного круга. Как показала практика соотношение размеров продольного и чистового круга таково.

а) для малых кругов 5-15 мм

$$A=d$$

$$\text{б) } A=(1,05-1,1)d$$

где а – сторона квадрата

для $d=35$ мм

$$A=(1,05-1,1)35=38,5 \text{ мм}$$

$$\text{в) } r=(0,1 \div 0,15)A$$

$$r=(0,1 \div 0,15)38,5=5,8 \text{ мм}$$

$$\text{г) } F_{kk}=A^2-0,86 \cdot r^2$$

$$F_{kk}=38,5^2-0,86 \cdot 5,8^2=1453,4 \text{ мм}^2$$

Так как схема калибровки задана, а расчет мы ведем против хода прокатки, то последним (первым) калибром является – прямоугольный.

Дано: заготовка 150x150x12000 мм. Прокатываем сталь 0, $t=1200^{\circ}\text{C}$.

Прокатка ведется на стане с диаметром валков 650.

Определяем общую вытяжку

$$\lambda_{\text{общ}} = \frac{150 \cdot 150}{\pi \cdot F_{23}}$$

$$\lambda_{\text{общ}} = \frac{150 \cdot 150}{3,14 \cdot 17,5^2} = 23,4$$

Средняя величина вытяжки принимается в пределах $1,1 \div 1,35$

Принимаем $\lambda_1 = 4,78$, $\lambda_2 = 4,89$

Определим размеры второго калибра

$$F_{18} = \frac{F_i^2}{\lambda_0}$$

$$F_{18} = \frac{150^2}{4,78}$$

$$F_{18} = 4707,1 \text{ мм}^2$$

$$a_2 = \sqrt{F_{16}}$$

$$a_2 = \sqrt{4707,1}$$

$$a_2 = 68,6 \text{ мм}$$

Определяем размеры калибра

Для подсчета необходимо определить коэффициент трения

$$\mu = K_1 K_2 K_3 (1,05 - 0,0005t)$$

$$\mu = 1 \cdot 1 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1200)$$

$$\mu = 0,45$$

Зададимся высотой калибра

$$h_1 = 140 \text{ мм}$$

Обжатие в калибре

$$\Delta h_1 = h_0 - h_1$$

$$\Delta h_1 = 150 - 140$$

$$\Delta h_1 = 10 \text{ мм}$$

Уширение в калибре

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{\Delta h_1}{2h_0} \left(\frac{\sqrt{R_e - \Delta h_1}}{2} - \frac{\Delta h_1}{2\mu} \right)$$

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{10}{2 \cdot 150} \left(\frac{\sqrt{650/2 - 10}}{2} - \frac{10}{2 \cdot 0,45} \right) = 1,5 \text{ мм}$$

$$b_1 = b_0 + \Delta b_1$$

$$b_1 = 140 + 1,5 = 141,5 \text{ мм}$$

Определяем высоту ручья

$$h_p = (0,2 \div 0,3) h_1$$

$$h_p = (0,2 \div 0,3) 140 = 42 \text{ мм}$$

Зазор между валками

$$t = h_1 - 2h_p$$

$$t = 140 - 2 \cdot 42$$

$$t = 56 \text{ мм}$$

Ширина калибра по дну

$$b_k = (0,95 \div 1,0) b_0$$

$$b_k = (0,95 \div 1,0) 150 = 142,5 \text{ мм}$$

Определяем ширину калибра по буртам

$$B_k = 150 + (1,25 \div 1,75) 1,5 = 151,8 \text{ мм}$$

Определяем выпуск калибра

$$\text{tg} \gamma = \frac{B_k - b_1}{2h_p} 100\%$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{151,8 - 142,5}{2 \cdot 42} 100\%$$

$$\operatorname{tg} \gamma = 11\%$$

Определяем радиусы закруглений

$$r_{\text{вн}} = (0,22 \div 0,25) h_p$$

$$r_{\text{вн}} = (0,22 \div 0,25) \cdot 42$$

$$r_{\text{вн}} = 10,5 \text{ мм}$$

$$r_{\text{внут}} = (0,8 \div 1,0) r_{\text{вн}}$$

$$r_{\text{внут}} = (0,8 \div 1,0) \cdot 10,5$$

$$r_{\text{внут}} = 8,4 \text{ мм}$$

Задаемся высотой второго ящичного калибра

$$h_2 = 120 \text{ мм}$$

тогда

$$\Delta h_3 = 150 - 120 = 30 \text{ мм}$$

Определяем уширение во втором калибре

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{30}{2 \cdot 150} \sqrt{650 / 2 * 30} - \frac{30}{2 \cdot 0,45} = 2,7 \text{ мм}$$

$$b_2 = b_1 + \Delta b_2$$

$$b_2 = 120 + 2,7$$

$$b_2 = 122,7 \text{ мм}$$

Определяем высоту ручья

$$h_p = (0,2 \div 0,3) h_2$$

$$h_p = (0,2 \div 0,3) \cdot 120$$

$$h_p = 36 \text{ мм}$$

Зазор между валками

$$t = h_2 - 2h_p$$

$$t = 120 - 2 \cdot 36$$

$$t = 48 \text{ мм}$$

Ширина калибра по дну

$$b_k = (0,95 \div 1) b_0$$

$$b_k = (0,95 \div 1) \cdot 150$$

$$b_k = 142,5 \text{ мм}$$

Ширина калибра по буртам

$$B_k = b_0 + (1,25 \div 1,75) \Delta b_2$$

$$B_k = 150 + (1,25 \div 1,75) \cdot 2,7$$

$$B_k = 154 \text{ мм}$$

Определяем выпуск калибра

$$tg\gamma = \frac{B_k - b_k}{2h_p} 100$$

$$tg\gamma = \frac{154 - 142,5}{2 \cdot 36} 100\%$$

$$tg\gamma = 15\%$$

Определяем радиусы закруглений

$$r_{внеш} = (0,22 \div 0,25) h_p$$

$$r_{внеш} = (0,22 \div 0,25) \cdot 36$$

$$r_{внеш} = 9 \text{ мм}$$

Форма предоставления результата: Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы, выводы. Расчет должен быть оформлен в рабочей тетради.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.15 Калибровка круглой и квадратной стали

Практическая работа № 15

Расчет калибровки квадратной стали. Расположение квадратных калибров в валках и их построение

Цель работы:

1. Освоить методику расчета калибровки валков для прокатки квадратной стали.
2. Уметь выстраивать схему калибровки для производства квадратной стали.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

Материальное обеспечение: Методическое указание для проведения практической работы

Задание

1. Рассчитать калибровку валков для прокатки квадратной стали по полученным данным.

2. Оформить расчет в рабочей тетради

Порядок выполнения работы

Черновые калибры валков для прокатки квадратных профилей можно выполнять в любой системе, но последние три калибра предпочтительно в системе ромб-квадрат. Угол при вершине ромба принимают до 120° . Иногда для лучшего выполнения углов квадрата угол у самой вершины ромба уменьшают до прямого.

При прокатке квадратов со стороной до 25 мм чистовой калибр строят в виде геометрически правильного квадрата, а при стороне свыше 25 мм – горизонтальную диагональ принимают на 1...2% больше вертикальной из-за разницы температур.

Черновые калибры для прокатки круглых профилей также выполняют в любой системе, а последние три калибра – в системе квадрат-овал-круг. Сторону предчистового квадрата для небольших кругов принимают равной диаметру чистового круга, а для средних размеров – в 1,1 раза больше диаметра круга.

Расчет режима обжатий квадрата 140 мм.

Принимаем следующую схему калибровки:

I - ящичный калибр; II - ромбический калибр; III - предчистовой квадратный калибр; IV - предчистовой ромбический калибр; V - чистовой квадратный калибр.

Расчет режима обжатия ведем против хода прокатки.

Соответственно стандарту 2590-88 допустимые отклонения для обычной точности составляют + 0,8-2,0 мм, таким образом сторона квадрата в холодном стане с учетом допусков составит:

$$c_x = c + (\Delta^+ - \Delta^-) / 2$$

где c - номинальный размер,

Δ^+ - плюсовой допуск,

Δ^- - минусовой допуск.

$$c_x = 140 + (0,8 - 2) / 2 = 139,4 \text{ мм}$$

Сторона чистового квадрата в горячем состоянии:

$$c_f = c_1 = 1,013 c_x = 1,013 \times 139,4 = 141,2 \text{ мм}$$

Площадь чистового квадрата:

$$q_1 = 0,98 * c^2 = 0,98 * 141,2^2 = 19538,7 \text{ мм}^2$$

Толщина и ширина раската:

$$b_1 = h_1 = 1,41 * c_1 = 1,41 * 141,2 = 199,1 \text{ мм}$$

Зная сторону чистового квадрата определяем вытяжку в чистовом квадрате $\mu_1 = 1,12$.

Площадь предчистового ромба:

$$q_2 = q_1 * \mu_1 = 1,12 * 19538,7 = 21883,3 \text{ мм}^2$$

По рисунку определяем уширение в чистовом квадрате $\Delta b = 10 \text{ мм}$.

Толщина предчистового ромба:

$$h_2 = h_1 - \Delta b = 199,1 - 10 = 189,1 \text{ мм}$$

Ширина предчистового ромба:

$$b_2 = 2 * q_2 / (0,98 * h_2) = 2 * 21883,3 / (0,98 * 189,1) = 236,2 \text{ мм}$$

Обжатие в квадрате:

$$\Delta h_1 = 236,2 - 199,1 = 37 \text{ мм}$$

угол захвата:

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h_1}{D - \frac{h_1}{2}} \right)$$

где D - минимальный диаметр валков, мм.

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{37}{830 - \frac{199_1}{2}} \right) = 18^\circ$$

По [1,рис.74] определяем вытяжку в предчистовом ромбе: $\mu_2=1,16$.
Площадь предчистового квадрата:

$$q_3 = q_2 * \mu_2 = 1,16 * 21883,3 = 25384,6 \text{ мм}^2.$$

Размеры предчистового квадрата:

$$c_3 = \sqrt{(1,03 * q_3)} = \sqrt{(1,03 * 25384,6)} = 161,7 \text{ мм}$$

Толщина и ширина раската:

$$b_3 = h_3 = 1,41 * 161,7 = 228 \text{ мм}$$

Обжатие в ромбе:

$$\Delta h_2 = h_3 - h_2 = 228 - 199 = 29 \text{ мм}$$

угол захвата:

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{29}{830 - \frac{199_1}{2}} \right) = 16,2^\circ$$

Уширение в ромбе определим по формуле:

$$\Delta b_3 = 0,4 * \sqrt{\Delta h_1 \frac{D - h_2}{2} \frac{\Delta h_2}{h_3}}$$

$$\Delta b_3 = 0,4 * \sqrt{29 \frac{830 - 199,1}{2} \frac{29}{161,7}} = 6,8 \text{ мм}$$

Пространство на уширение составит: $b_2 - b_3 = 236,1 - 228 = 8,2$ мм, таким образом перезаполнения не будет. По рисунку определяем допустимый угол захвата при $t=950^\circ\text{C}$ скорости прокатки $v_{II}=4$ м/с $\alpha=19^\circ$. а по нем определяем вытяжку в предчистовом квадрате по [1,рис.94] $\mu_3=1,15$.

Площадь предчистового ромба:

$$q_4 = q_3 * \mu_3 = 1,15 * 25384,6 = 29192,3 \text{ мм}^2$$

По [1,рис.54] определяем уширение в предчистовом квадрате $\Delta b_3=13$ мм.

Высота ромба:

$$h_4 = h_3 - \Delta b_3 = 228 - 13 = 215 \text{ мм}$$

Ширина ромба:

$$b_4 = 2 * \sqrt{q_4 / 0,98} * h_4 = 2 * \sqrt{29192,3 / 0,98} * 215 = 277,1 \text{ мм}$$

Обжатие в квадрате:

$$\Delta h_3 = 277,1 - 228 = 49,1 \text{ мм}$$

угол захвата:

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{49,1}{830 - \frac{228_1}{2}} \right) = 21,2^\circ$$

Определим вытяжку в ромбе по [1,рис.94] $\mu_4=1,18$.

Площадь квадрата которая задается в ромб

$$q_5 = q_4 * \mu_4 = 1,18 * 29192,3 = 34447 \text{ мм}^2$$

Размеры квадрата определяем по формуле:

$$c_5 = \sqrt{(1,03 * q_5)} = \sqrt{(1,03 * 34447)} = 188.3 \text{ мм}$$

Толщина и ширина раската:

$$B_5 = h_5 = 1,41 * 188.3 = 265.6 \text{ мм}$$

Обжатие в ромбе:

$$\Delta h_4 = h_5 - h_4 = 265.6 - 215 = 50.6 \text{ мм}$$

угол захвата:

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{50.6}{830 - \frac{215_1}{2}} \right) = 21.5^\circ$$

Уширение в ромбе :

$$\Delta b_3 = 0.4 * \sqrt{50.6 \frac{830 - 215}{2} \frac{50.6}{265.6}} = 9.5 \text{ мм}$$

Пространство на уширение составит: $b_4 - b_5 = 277 - 265 = 12$ мм, таким образом перезаполнения не будет. По [1,рис.45] определяем допустимый угол захвата при $t=950^\circ\text{C}$ скорости прокатки $v_n=3$ м/с $\alpha=23^\circ\text{C}$.

Обжатие в ящичном калибре:

$$\Delta h_6 = d_k (1 - \cos \alpha) = 750 (1 - \cos 23^\circ) = 60 \text{ мм.}$$

Толщина исходного блюма:

$$h_6 = h_5 + \Delta h_6 = 188.3 + 60 = 248 \text{ мм.}$$

Уширение в ящичном калибре:

$$\Delta b = \frac{2h_0 * \Delta h * k}{(h_0 - h_1) \left[1 + (1 + \alpha) \left(\frac{b_0}{R_k \alpha} \right) \right]}$$

где, R_k - катающий радиус, мм;

α - угол захвата.

K -коэффициент учитывающий ограниченное уширение ($k=0.6-0.8$)

$$\Delta b_6 = \frac{2 * 188.3 * 60 * 0.7}{(248 + 188.3) \left[1 + 1(1 + 0.43) \left(\frac{188.3}{395 * 0.43} \right) \right]^2} = 10 \text{ мм}$$

Ширина исходного блюма:

$$b_6 = b_5 - \Delta b_6 = 183.3 - 10 = 173.3 \text{ мм.}$$

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы. Выводы предоставить в устной форме

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.17 Производство сортовой стали на крупно-, средне- и мелкосортных станах Практическая работа №16

Расчет часовой производительности на современном крупносортном стане 450 СЦ ОАО ММК. Построение графика прокатки.

Цель работы:

1. Освоить методику расчета часовой производительности на крупносортном стане 450 СЦ ОАО ММК.
2. Научиться строить график прокатки стана 450 ОАО «ММК»

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации.

Материальное обеспечение: методические указания к проведению практической работы.

Задание

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Выполнить расчет часовой производительности крупносортного стана.
3. По полученным результатам вычертить график часовой производительности.
4. Расчет оформить в рабочей тетради.

Порядок выполнения работы

Определить $A_{\text{сac}}$ стана 370, количество оборотов электродвигателя в последней клетки чистовой группы $n=1200$ об/мин; передаточное число $i = 0,625$; заготовка $150 \times 150 \times 12000$ мм $G= 2000$ кг; круглая сталь - диаметром 35 мм.

Принимаем t паузы между концом прокатки первой заготовки и началом следующей $t_n = 3 \text{сек}$ $\hat{E}_n = 0,95$, выход годного составляет $\alpha = 0,96$.

Производительность стана рассчитывается по чистовой группе клетей, которая затрачивает на прокатку максимальное время.

Количество оборотов вала в чистовой клетки

$$n_{\text{об вал}} = n * i$$

$$n_{\text{об вал}} = 1200 * 0,625 = 750 \text{ об/мин}$$

Скорость прокатки в последней клетки

$$V_{\text{ср}} = \frac{\pi * D_{\text{ср}} * n_{\text{об вал}}}{60}$$

$$V_{\text{ср}} = \frac{3,14 * 0,65 * 780}{60} = 25,5 \text{ м/с}$$

Определим длину проката после последней клетки

$$l_{23} = l_0 \lambda_{\text{общ}}$$

$$l_{23} = 12 \cdot 23,4$$

$$l_{23} = 280,8 \text{ мм}$$

Определим машинное время

$$t_i = \frac{l_{43}}{v_{43}}$$

$$t_i = 280,8 / 25,5 = 11 \text{ с}$$

Определим время ритма

$$T_p = t_m + t_n$$

$$T_p = 11 + 3 = 14$$

Определим часовую производительность

$$A_{\text{ч}} = \frac{3600 \text{ г}}{T_p} K_u l$$

$$A_{\text{ч}} = \frac{3600 \cdot 2000}{14} 0,97 \cdot 0,96$$

$$A_{\text{ч}} = 4784 \text{ т/ч}$$

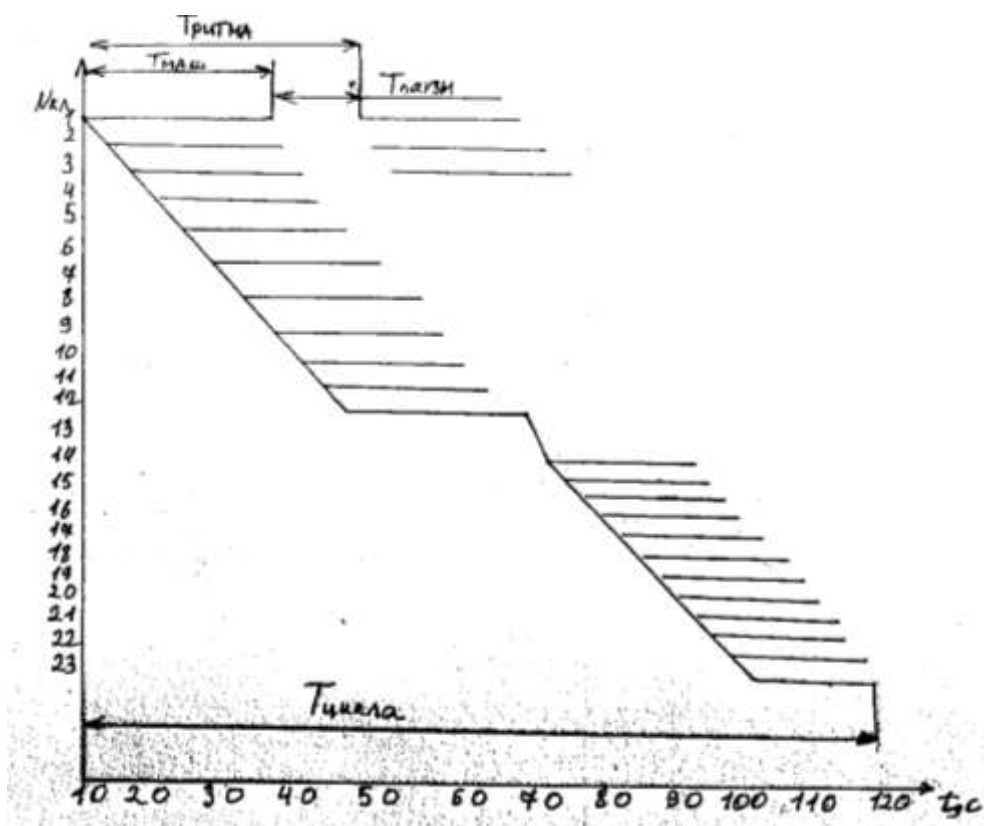


Рисунок 14 - График прокатки

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы. Выводы предоставить в устной форме

Защита практической работы.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 2.17 Производство сортовой стали на крупно-, средне- и мелкосортных станах Практическая работа №17

Определение часовой производительности среднесортных станов

Цель работы: Освоить методику расчета часовой производительности на среднесортном стане 370 СЦОАО ММК.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации.

Материальное обеспечение: методические указания к проведению практической работы.

Задание

1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Выполнить расчет часовой производительности среднесортного стана.
3. Расчет оформить в рабочей тетради.

Краткие теоретические сведения

Стан 370 является среднесортным станом горячей прокатки, который входит в состав сортового цеха. СЦ расположен на территории ОАО «Магнитогорский Metallургический Комбинат» и является его структурным подразделением. Среднесортный стан 370 горячей прокатки предназначен для производства широкого профильно-марочного сортамента сортового и фасонного проката в прутках длиной от 5000 до 12000 мм и в бунтах массой до 2200 кг. Вся продукция производится на современном оборудовании с соблюдением технологий производства и безопасности рабочего персонала. Профильно-марочный сортament продукции включает в себя: прокат стальной горячекатаный круглый, прокат стальной горячекатаный квадратный, прокат стальной горячекатаный шестигранный, полосу стальную горячекатаную, уголки стальные горячекатаные равнополочные, низкоуглеродистую термоупрочненную арматуру.

Ход работы:

Определить часовую производительность стана 370, количество оборотов электродвигателя в последней клетке чистовой группы $n=1200$ об/мин; передаточное

число $i = 0,625$; заготовка $150 \times 150 \times 12000$ мм $G = 2000$ кг; круглая сталь - диаметром 35 мм.

Принимаем t паузы между концом прокатки первой заготовки и началом следующей $t_n = 3 \text{ сек}$ $K_u = 0,95$, выход годного составляет $\alpha = 0,96$.

Производительность стана рассчитывается по чистой группе клеток, которая затрачивает на прокатку максимальное время.

Количество оборотов вала в чистой клетке определяется по формуле:

$$n_{\text{об вала}} = n * i$$
$$n_{\text{об вала}} = 1200 * 0,625 = 750 \text{ об/мин}$$

Скорость прокатки в последней клетке определяется по формуле (41):

$$V_{\text{кл}} = \frac{\pi * D_{\text{к}} * n_{\text{об вала}}}{60}$$
$$V_{\text{кл}} = \frac{3,14 * 0,65 * 780}{60} = 25,5 \text{ м/с}$$

Определим длину проката после последней клетки по формуле (42):

$$l_{23} = l_0 \lambda_{\text{общ}}$$
$$l_{23} = 12 \cdot 23,4$$
$$l_{23} = 280,8 \text{ мм}$$

Определим машинное время по формуле (43):

$$t_i = \frac{l_{43}}{v_{43}}$$
$$t_i = 280,8 / 25,5 = 11 \text{ с}$$

Определим время ритма по формуле (44):

$$T_p = t_m + t_n$$
$$T_p = 11 + 3 = 14$$

Определим часовую производительность по формуле (45):

$$A_{\text{ч}} = \frac{3600 \text{ г}}{T_p} K_u l$$
$$A_{\text{ч}} = \frac{3600 \cdot 2000}{14} 0,97 \cdot 0,96$$
$$A_{\text{ч}} = 4784 \text{ т/ч}$$

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы. Выводы предоставить в устной форме

Защита практической работы.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Т.4.3.4 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Тема 3.1 Теория термической обработки стали

Практическая работа №1

Основные понятия термообработки

Цель: изучить основные понятия термической обработки металлов и сплавов

Выполнив работу, Вы будете уметь:

применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением; выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Проработать новый материал.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Термической (или тепловой) обработкой называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твёрдых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счёт изменения внутреннего строения и структуры. Тепловая обработка используется либо в качестве промежуточной операции для улучшения обрабатываемости давлением, резанием, либо как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень свойств изделия.

Общая длительность нагрева металла при тепловой обработке складывается из времени собственного нагрева до заданной температуры и времени выдержки при этой температуре. Время нагрева зависит от типа печи, размеров изделий, их укладки в печи; время выдержки зависит от скорости протекания фазовых превращений.

Нагрев может сопровождаться взаимодействием поверхности металла с газовой средой и приводить к обезуглероживанию поверхностного слоя и образованию окалины. Обезуглероживание приводит к тому, что поверхность изделий становится менее прочной и теряет твёрдость.

При нагреве и охлаждении стали происходят фазовые превращения, которые характеризуются температурными критическими точками. Принято обозначать критические точки стали буквой А. Критические точки А1 лежат на линии PSK (727 °С) диаграммы железо-углерод и соответствуют превращению перлита в аустенит. Критические точки А2 находятся на линии MO (768 °С), характеризующей магнитное превращение феррита. А3 соответствует линиям GS и SE, на которых соответственно завершается превращение феррита и цементита в аустенит при нагреве.

Для обозначения критических точек при нагреве и охлаждении вводят дополнительные индексы: букву «с» в случае нагрева и «г» в случае охлаждения, например Ас1, Ас3, Аг1, Аг3.

Среди основных видов термической обработки следует отметить:

- **Отжиг**

Отжиг 1 рода (гомогенизация, рекристаллизация, снятие напряжений). Целью является получение равновесной структуры. Такой отжиг не связан с превращениями в твердом состоянии (если они и происходят, то это — побочное явление). Отжиг 2 рода связан с превращениями в твердом состоянии. К отжигу 2 рода относятся: полный отжиг, неполный отжиг, нормализация, изотермический отжиг, патентирование, сфероидизирующий отжиг.

- **Закалку** проводят с повышенной скоростью охлаждения с целью получения неравновесных структур. Критическая скорость охлаждения, необходимая для закалки, зависит от химического состава сплава. Закалка может сопровождаться полиморфным превращением, при этом из исходной высокотемпературной фазы образуется новая неравновесная фаза (например, превращение аустенита в мартенсит при закалке стали). Существует также закалка без полиморфного превращения, в процессе которой фиксируется высокотемпературная метастабильная фаза (например, при закалке бериллиевой бронзы происходит фиксация альфа фазы, пересыщенной бериллием).

- **Отпуск** необходим для снятия внутренних напряжений, а также для придания материалу требуемого комплекса механических и эксплуатационных свойств. В большинстве случаев материал становится более пластичным при некотором уменьшении прочности.

- **Нормализация**. Изделие нагревают до аустенитного состояния (на 30...50 градусов выше АС3) и охлаждают на спокойном воздухе

- **Дисперсионное твердение (старение)**. После проведения закалки (без полиморфного превращения) проводится нагрев на более низкую температуру с целью выделения частиц упрочняющей фазы. Иногда проводится ступенчатое старение при нескольких температурах с целью выделения нескольких видов упрочняющих частиц.

- **Криогенная обработка** — это упрочняющая термическая обработка металлопродукции при криогенных, сверхнизких температурах (ниже минус 153°С).

Порядок выполнения работы:

1. Изучить новый материал.
2. Сделать записи видов термической обработки в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Выполнить работу.
4. Сделать записи определений в тетрадь.
5. Подготовить защиту практической работы.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.1 Теория термической обработки стали Практическая работа №2

Построение диаграммы изотермического превращения аустенита

Цель: изучение диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита (ДИПА) в условиях изотермического и непрерывного охлаждения; изучение микроструктур сталей в равновесном и неравновесном состоянии.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить теоретические положения
3. Научиться определять свойства и микроструктуру стали с помощью диаграммы
4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

В реальных условиях все процессы термической обработки протекают при разных скоростях охлаждения и требуют различного времени. Для описания кинетики (развитие процесса во времени или скоростной зависимости) превращения переохлажденного аустенита пользуются экспериментально полученными диаграммами – ДИПА (С-кривые), показывающими, как идет распад аустенита с течением времени при различных постоянных температурах.

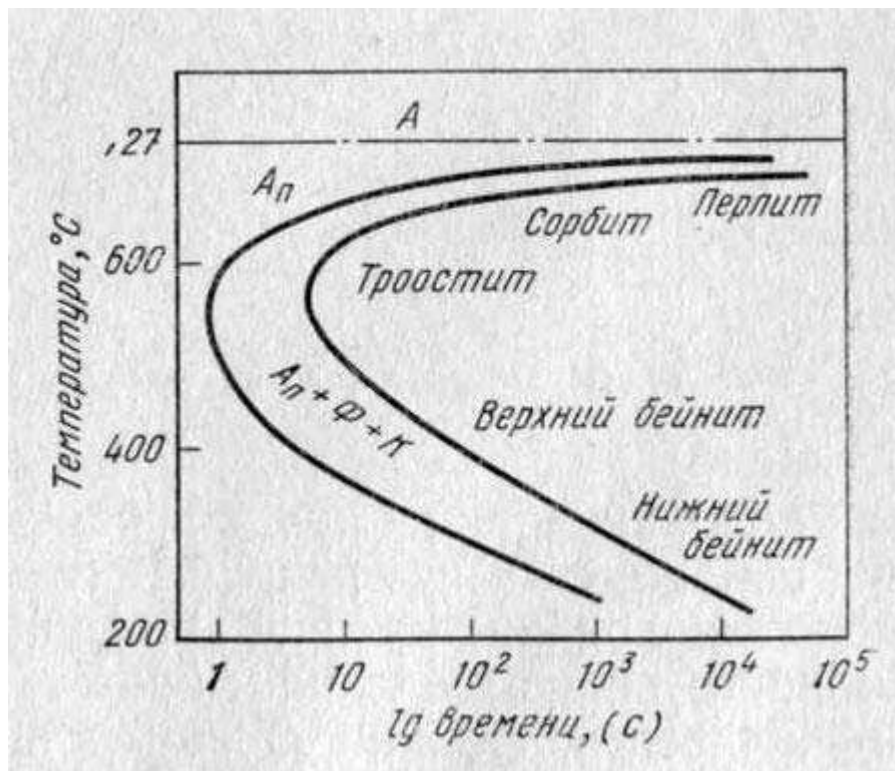
ДИПА – это диаграмма, устанавливающая связь между температурой, временем превращения переохлажденного аустенита и структурой для данной (конкретной) марки стали.

ДИПА строится для каждой марки стали экспериментальным путем на основе серий кривых изотермического превращения аустенита (КИПА).

КИПА – это зависимость превращенного объема от времени выдержки при определенной температуре ($\%P=f(\tau)$ при $t_{из} = const$).

1 Перлитное превращение.

Основное превращение, протекающее во время охлаждения при отжиге стали – это эвтектоидный распад аустенита на смесь феррита с карбидом. Кинетика эвтектоидного превращения изображается С-образными кривыми на диаграмме изотермического превращения аустенита (рисунок 1).



А- устойчивый аустенит, А_п –переохлажденный аустенит, Ф- феррит, К-карбид

Рисунок 1 – Диаграмма изотермического распада аустенита в эвтектоидной части

С-диаграмма строится следующим образом. Тонкие образцы стали, содержащей 0,8% С, нагревают до полной аустенитизации при температуре выше точки А₁ и затем переносят в термостат (соляную ванну) с температурой ниже этой точки. Начало и конец распада аустенита при данной температуре можно определить несколькими методами:

- микроструктурный анализ – образцы после различного времени выдержки в термостате закалывают в воде. Изотермически нераспавшийся аустенит превращается в мартенсит, который хорошо отличается под микроскопом от продуктов распада аустенита.

- магнитометрический метод – позволяет количественно определять степень превращения аустенита в любой момент изотермической выдержки, так как интенсивность намагничения образца пропорциональна количеству ферромагнитной альфа – фазы.

При температуре 727 °С аустенит находится в термодинамически устойчивом равновесии со смесью феррита и цементита. Чтобы начался распад аустенита, необходимо переохладить его ниже 727 °С. Устойчивость переохлажденного аустенита характеризуется инкубационным периодом, когда обычные методы не фиксируют появления продуктов распада.

В эвтектоидной стали при температуре около 550 °С переохлажденный аустенит наименее устойчив. При этих же температурах происходят максимумы скорости роста эвтектоида (рисунок 2).

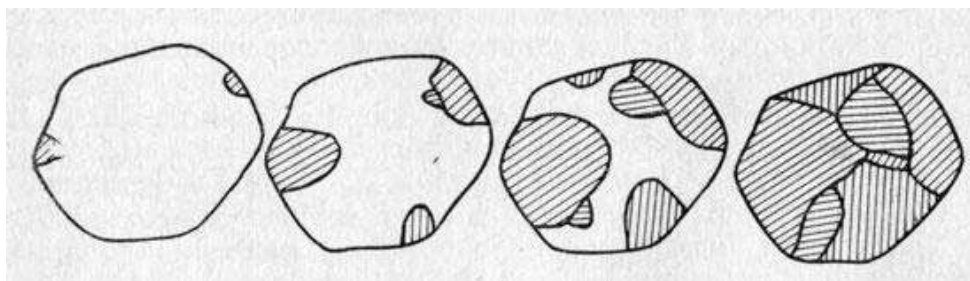


Рисунок 2 – Образование колоний эвтектоида в одном зерне аустенита

В эвтектоидной смеси феррита с цементитом перлит растет из отдельных центров в виде колоний. Зародышем перлитной колонии может быть или цементит, или феррит. При утолщении цементитной пластины вблизи нее аустенит обедняется углеродом и создаются условия для зарождения пластин, примыкающих к цементитной.

При утолщении же ферритной пластины он оттесняется в аустенит, в результате создаются благоприятные условия для появления новых цементитных пластин.

При боковом росте колоний перлита могут зарождаться попеременно пластины феррита и цементита, а также новые пластины от ранее образовавшихся пластин своей фазы (рисунок 3).

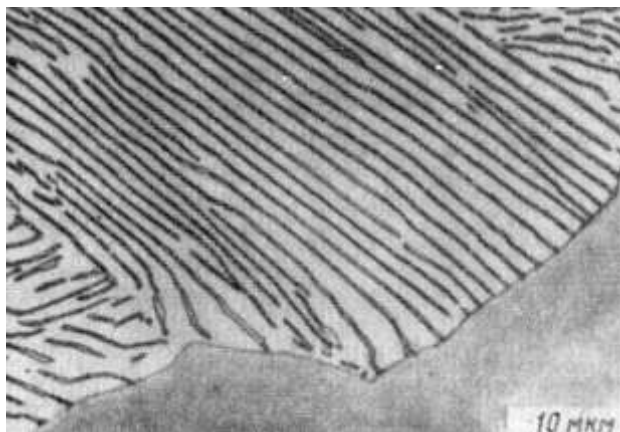


Рисунок 3 – Строение перлита около границы колонии

На шлифе цементит в перлитной колонии выглядит как совокупность изолированных пластин без перемычек, но по такой плоской картине нельзя сделать однозначного вывода об отсутствии каркаса из цементита. Эвтектоидная колония чаще всего является бикристаллом из взаимопереплетающихся дендридов двух фаз. Отсюда следует, что при боковом росте колонии фазы растворяются, а не многократно зарождаются. Если от колонии ответвляется пластина с другой ориентацией, то она служит зародышем для новой перлитной колонии (рисунок 3).

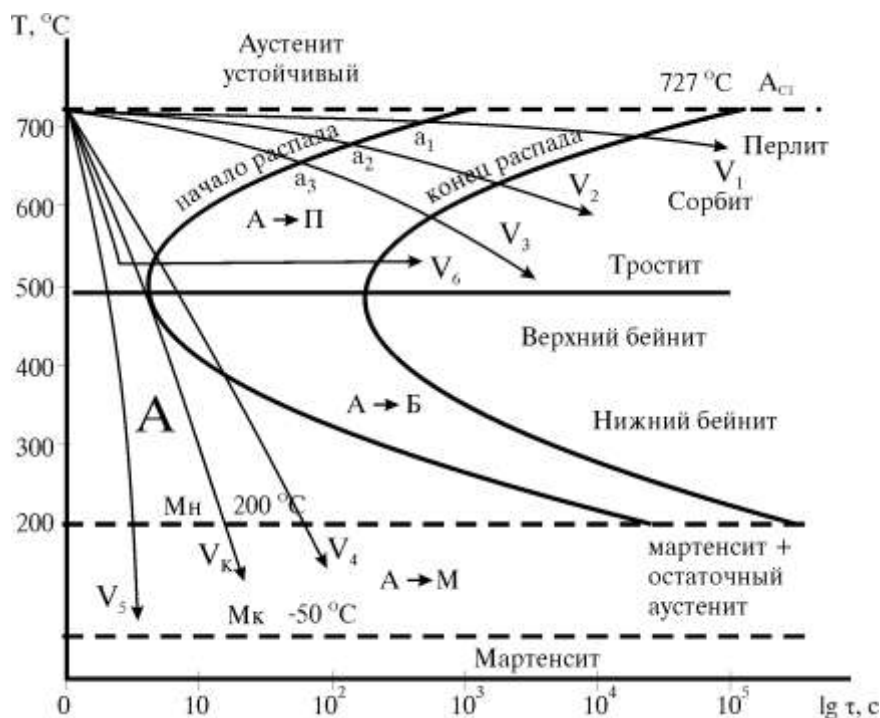


Рисунок 4– Диаграмма превращения аустенита при охлаждении

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы и справочного материала изучить диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита (ДИПА) в условиях изотермического и непрерывного охлаждения, а также изучить микроструктуру сталей в равновесном и неравновесном состоянии.

2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Выполнить работу.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторная работа № 1

Микроанализ термообработанной стали (отожжённой и нормализованной)

Цель: изучить микроанализ отожженной и нормализованной стали

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением; выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести микроанализ термически обработанной стали.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Отжиг – это нагрев стали выше температур фазовых превращений с последующим медленным охлаждением. Фазовая перекристаллизация, происходящая при отжиге, измельчает зерно и устраняет видманштеттову структуру стали. Отжиг является подготовительной термической обработкой. Вместе с тем, измельчая зерно, снимая внутренние напряжения и уменьшая структурную неоднородность, отжиг способствует повышению пластичности и вязкости по сравнению с полученной после литья,ковки или прокатки.

Нормализация – это нагрев доэвтектоидной стали до температуры, превышающей $A_{с3}$ на 50-60 град, непродолжительной выдержке и охлаждении на воздухе. Нормализация вызывает перекристаллизацию стали и , следовательно, устраняет крупнозернистую структуру.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы произвести микроанализ стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Выполнить работу.
4. Сделать записи расчетов в тетрадь.
5. Подготовить защиту практической работы.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали **Лабораторная работа №2** **Микроанализ термообработанной стали (закалённой).**

Цель: изучить микроанализ закаленной стали.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести микроанализ термически обработанной стали.
3. Дать характеристику дефектам, возникающим в результате закалки.
4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Закалкой называют вид термической обработки металлов, который заключается в нагреве выше критической температуры с последующим резким охлаждением (обычно) в жидких средах. Критической называют температуру, при которой происходит изменение типа кристаллической решетки, то есть осуществляется полиморфное превращение. Она определяется она по диаграмме «железо-углерод».

После закалки увеличивается твердость и прочность стали, но при этом повышаются внутренние напряжения и возрастает хрупкость, провоцирующие разрушение материала при резких механических воздействиях. На поверхности изделия появляется толстый слой окалины, который необходимо учитывать при определении припусков на обработку.

Способы закалки стали:

- 1) в одном охладителе – применяется при работе с деталями несложной конфигурации из углеродистых и легированных сталей;
- 2) прерывистый в двух средах – востребован для обработки высокоуглеродистых марок, которые сначала остужают в быстро охлаждающей среде (воде), а затем в медленно охлаждающей (масле);
- 3) струйчатый – обычно востребован при частичной закалке изделия, осуществляется в установках ТВЧ и индукторах обрызгиванием детали мощной струей воды;

4) ступенчатый – процесс, при котором деталь остывает в закалочной среде, приобретая во всех точках сечения температуру закалочной ванны, окончательное охлаждение осуществляют медленно;

5) изотермический – похож на предыдущий вид закалки стали, отличается от него временем пребывания в закалочной среде.

От правильного выбора охлаждающей среды во многом зависит конечный результат процесса.

1) Для поверхностной закалки и работы с изделиями простой конфигурации, предназначенными для дальнейшей обработки, применяется в основном вода. Она не должна содержать соли и примеси моющих средств, оптимальная температура +30°C.

2) Для изделий сложной формы применяют 50% раствор каустической соды, который нагревают до +60°C. При использовании такого состава для охлаждения сталь приобретает светлый оттенок. Пары каустической соды вредны для здоровья человека.

3) Для тонкостенных деталей, изготовленных из углеродистых и легированных сталей, применяются минеральные масла, обеспечивающие постоянную температуру охлаждения, не зависящую от температуры окружающей среды. Главное условие, которое необходимо соблюдать при охлаждении сталей после закалки, – отсутствие воды в минеральных маслах.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы произвести микроанализ стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Составить классификацию видов закалки.
4. Сделать записи расчетов в тетрадь.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторная работа №3

Дефекты микроструктуры закаленной стали

Цель: Изучить дефекты закаленной стали, а также выявить причины появления дефектов закаленной стали.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить дефекты микроструктуры закаленной стали и причины их появления.
3. Дать характеристику дефектам, возникающим в результате закалки.
4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения

Дефекты стали при закалке:

1) **Недостаточная твердость** - возникает если была низкая температура нагрева, малая выдержка при рабочей температуре или имело место недостаточная скорость охлаждения. Можно исправить: применить более энергичную среду; сделать отжиг, а затем закалить.

2) **Перегрев** - происходит если стальная деталь нагревается до температуры, превышающей допустимую. При перегреве образуется крупнозернистая структура, что приводит к хрупкости детали. Можно исправить: с помощью отжига и закалки при нужной температуре.

3) **Пережог** - при нагреве стальной детали до высокой температуры, близкой к температуре плавления (1200–1300 градусов) в окислительной атмосфере. Внутрь стальных изделий проникает кислород, по границам зерен формируются окислы. Такая сталь не исправляется.

4) **Окисление и обезуглероживание** - в этом случае на поверхности стальных деталей образуются окарины (окислы), а в поверхностных слоях стали выгорает углерод. Этот брак исправить невозможно. Для предупреждения брака следует пользоваться печами с защитной атмосферой.

5) **Коробление и трещины** - возникают из-за внутренних напряжений. Трещины — это неисправимый брак. Коробление можно удалить при помощи рихтовки или правки.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы сделать записи в тетрадь, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Заполнить таблицу.

3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Составить классификацию дефектов закалки.
4. Сделать записи в тетрадь.

№	Вид дефекта закалки	Описание дефекта	Причины появления	Методы устранения

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторная работа № 4

Влияние скорости охлаждения на структуру и свойства стали

Цель: изучить влияние скорости охлаждения на структуру стали

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением; выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомиться с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить влияние скорости охлаждения на структуру стали
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Охлаждающие среды должны обеспечить высокую скорость охлаждения при температурах наименьшей устойчивости аустенита (650-550), чтобы предупредить его распад на феррито- цементитную смесь. Для подавления бейнитного превращения нередко скорость охлаждения должна быть больше, чем в области перлитного превращения.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы охарактеризовать влияние скорости охлаждения на структуру и свойства стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Заполнить таблицу.
4. Сделать записи расчетов в тетрадь.
5. Подготовить защиту практической работы.

Охлаждающая среда	Температурный интервал пузырчатого кипения	Относительная интенсивность охлаждения
Вода, 20 °С		
Вода, 40 °С		
Вода, 80 °С		
Раствор 10%-ного NaCl в воде при 20 °С		
Раствор 50%-ной NaOH в воде при 20 °С		
Масло минеральное 20-200 °С		

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторная работа № 5

Микроанализ термообработанной стали (закалённой и отпущенной)

Цель: составить микроанализ закаленной и отпущенной стали.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением; выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Провести микроанализ закаленной и отпущенной стали.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Закалка не является окончательной термической обработкой, поэтому, чтобы уменьшить хрупкость и напряжения, вызванные закалкой, и получить требуемые механические свойства, сталь после закалки подвергают отпуску. Инструментальную сталь в основном подвергают закалке и отпуску для повышения твердости, износостойкости и прочности, а конструкционную сталь – для повышения прочности и получения достаточно высокой пластичности.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы составить микроанализ закаленной и отпущенной стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Разобрать диаграмму состояния Fe – Fe₃C с нанесенной температурой нагрева под закалку стали.
4. В тетради вычертить схему доэвтектоидной легированной стали.
5. Подготовить защиту практической работы.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок

Тема 3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторная работа № 6

Влияние температуры отпуска на структуру и свойства стали

Цель: изучить влияние температуры отпуска на структуру стали

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить влияние скорости охлаждения на структуру стали
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Отпуск – нагрев закаленной стали до температуры выше A_{c3} , выдержка при заданной температуре и последующее охлаждение с заданной скоростью. Отпуск является окончательной операцией, в результате сталь получает требуемые механические свойства. Кроме того, отпуск полностью устраняет внутренние напряжения, эти напряжения снимаются тем полнее, чем выше температура отпуска.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы охарактеризовать влияние температуры отпуска на структуру и свойства стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Заполнить таблицу.
4. Сделать записи расчетов в тетрадь.
5. Подготовить защиту практической работы.

Влияние термической обработки на механические свойства углеродистой стали, содержащей 0,42 % С

Термическая обработка	$\sigma_{\text{в}}$ Мн/м ²	$\sigma_{\text{т}}$ Мн/м ²	$\sigma_{\text{т}}$, %	$\sigma_{\text{т}}$, %
Отжиг при 880 °С				
Закалка при 880 °С с охлаждением в воде и отпуском при 300 °С				
Закалка при 880 °С с охлаждением в воде и отпуском при 600 °С				

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторная работа № 7 Микроанализ сталей после ХТО

Цель: составить микроанализ сталей после химико – термической обработки.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением; выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Провести микроанализ стали после ХТО.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

ХТО называется поверхностное насыщение стали тем или иным элементом (углеродом, азотом, алюминием, хромом) путем его диффузии из внешней среды при высокой температуре. Концентрация диффундирующего элемента на поверхности зависит от активности окружающей среды, обеспечивающей приток атомов этого элемента к поверхности, и скорости диффузионных процессов, приводящих к отводу этих атомов в глубь металла. Толщина диффузионного слоя зависит от продолжительности процесса. К ХТО относятся цементация стали, азотирование, цианирование и диффузионная металлизация.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы составить микроанализ стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Разобрать диаграмму состояния А-В по толщине диффузионного слоя.
4. В тетради вычертить схему А-В.
5. Подготовить защиту практической работы.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее , чем на три день, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали
Практическая работа № 3
Выбор вида термообработки для конкретных деталей в зависимости от условий эксплуатации

Цель работы — приобрести навыки в выборе марки сплава, режима термической и химико-термической обработки металлов в зависимости от назначения изделий.

Задание:

Согласно задания своего варианта:

- 1) изучить условия работы заданной детали и требования, предъявляемые к ней;
- 2) выбрать марку стали для изготовления заданной детали, изучить ее химический состав и механические свойства;
- 3) разработать в зависимости от условий работы детали, необходимый вид и режим термической или химико-термической обработки;
- 4) дать обоснование выбранного вида и режима обработки детали.

Материальное обеспечение: методическое пособие

№ варианта	№ задачи	№ варианта	№ задачи
1	1,6,15	16	7,14,5
2	2,7,14	17	8,10,3
3	3,8,13	18	9,11,7
4	4,9,12	19	10,5,13
5	5,10,15	20	11,9,1
6	6,12,2	21	12,6,4
7	7,14,5	22	13,10,5
8	8,10,3	23	14,6,9
9	9,11,7	24	15,4,10
10	10,5,13	25	1,6,15
11	11,9,1	26	2,7,14
12	12,6,4	27	3,8,13
13	13,10,5	28	4,9,12
14	14,6,9	29	5,10,15

Краткие теоретические сведения

Практическое занятие предусматривает обосновать выбор металла для изготовления заданной детали и выбор вида и режима термической и химико-

термической обработки, которая обеспечит надежность детали в условиях эксплуатации, указанных в каждой задаче.

Для решения задачи необходимо прежде всего определить материал, обладающий свойствами, близкими к требуемым. Для этой цели рекомендуется ознакомиться с классификацией, составом и назначением основных материалов, используемых в технике.

Если для улучшения свойств выбранного материала нужны термическая или химико-термическая обработка, то необходимо указать их режимы, получаемую структуру и свойства. При рекомендации режимов обработки необходимо также указать наиболее экономичные и производительные способы. Например, для деталей, изготавливаемых в больших количествах, — обработку с индукционным нагревом, газовую цементацию и др.; для деталей, работающих в условиях переменных нагрузок, например для валов, зубчатых колес многих типов, необходимо рекомендовать обработку, повышающую предел выносливости (в зависимости от рекомендуемой стали к ним относятся цементация, цианирование, азотирование, закалка с индукционным нагревом, обработка дробью).

1)Завод изготавливает коленчатые валы диаметром 35 мм; сталь в готовом изделии должна иметь предел прочности не ниже 750 МПа и ударную вязкость не ниже 50 МПа. Кроме того, вал должен обладать повышенной износостойкостью не по всей поверхности, а только в шейках, т. е. в участках, сопряженных с подшипниками и работающих на истирание.

Подберите марку стали, рекомендуйте режим термической обработки всего вала для получения заданных свойств и режим последующей термической обработки, повышающей твердость только в отдельных участках поверхности вала.

Приведите структуру и твердость стали в поверхностном слое шейки вала и структуру и механические свойства в остальных участках.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы произвести подбор термической обработки стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

2)Стаканы цилиндров мощных двигателей внутреннего сгорания должны обладать высоким сопротивлением износу на поверхности. Для повышения износостойкости применяют азотирование.

Подберите сталь, пригодную для азотирования, приведите химический состав, рекомендуйте режим термической обработки и режим азотирования. Укажите твердость поверхностного слоя и механические свойства низлежащих слоев в готовом изделии.

3)Станкостроительный завод изготавливает шпиндели токарных станков. Шпиндели работают с большой скоростью в условиях повышенного износа, поэтому твердость в поверхностном слое должна быть HRC 58—62.

Подберите сталь для изготовления шпинделя, рекомендуйте режим термообработки, обеспечивающий получение заданной твердости в поверхностном

слое. Укажите структуру стали в поверхностных слоях и в сердцевине шпинделя, механические свойства сердцевины после окончательной термической обработки.

4) Червяк редукторов диаметром 35 мм можно изготовить из цементируемой и нецементируемой стали. Предел прочности в сердцевине детали должен быть 580—686 МПа.

Выберите марку цементируемой и нецементируемой углеродистой качественной стали. Обоснуйте, в каких случаях целесообразно применять цементируемую и в каких случаях — нецементируемую сталь.

Укажите химический состав, рекомендуемый режим химико-термической и термической обработки и сопоставьте механические свойства стали обоих типов в готовом изделии.

5) Палец шарнира диаметром 30 мм работает на изгиб и срез и должен обладать высокой износостойкостью на поверхности и высокой вязкостью в сердцевине.

Подберите углеродистую сталь, укажите ее состав и марку, рекомендуйте режим химико-термической и термической обработки, укажите структуру, механические свойства в сердцевине и твердость на поверхности после окончательной обработки. Укажите желаемую толщину твердого поверхностного слоя.

6) Выберите марку стали для изготовления топоров. Лезвие топора не должно сминаться или выкрашиваться в процессе работы; поэтому оно должно иметь твердость в пределах HRC 50—55 на высоту не более 30—40 мм; остальная часть топора не подвергается закалке и имеет более низкую твердость.

Укажите химический состав стали, режим термической обработки, обеспечивающий указанную твердость, а также способ закалки, позволяющий получить эту твердость только на лезвии топора.

7) Выберите марку стали для изготовления продольных пил по дереву и укажите режим термической обработки, микроструктуру и твердость готовой пилы.

Режимы термической обработки выберите таким образом, чтобы предупредить деформацию пилы при закалке и отпуске, а также обеспечить получение в стали высоких упругих свойств после отпуска (пила должна спружинить»).

8) Автосцепки вагонов на железнодорожном транспорте изготавливаются литыми. Для повышения механических свойств отливки подвергают термической обработке.

Выберите марку стали и обоснуйте термическую обработку, если предел прочности должен быть не ниже 343 МПа.

Укажите структуру и механические свойства стали после литья и после термической обработки.

9) Завод изготавливает зубчатые колеса диаметром 60 мм и высотой 80 мм. Предел текучести должен быть не ниже 530—540 МПа.

Выберите сталь для изготовления зубчатых колес и приведите состав и марку, учитывая технологические особенности термической обработки и необходимость предотвратить деформацию и образование трещин при закалке.

Рекомендуйте режим термической обработки и укажите механические свойства в готовом состоянии.

10) Многие измерительные инструменты плоской формы (шаблоны, линейки, штангенциркули) изготавливают из листовой стали; они должны обладать высокой износостойкостью в рабочих кромках. Приведите режимы обработки,

обеспечивающей получение этих свойств, если инструменты изготавливают большими партиями из сталей 15 и 20.

11) Выберите марку стали для изготовления рабочих колес центробежного насоса. Рабочие колеса должны обладать высокой коррозионной стойкостью, Укажите режим Т. О. и механические свойства колес в готовом состоянии.

12) Выберите марку стали для изготовления гаечного ключа и укажите режим термообработки и твердость готового ключа. Ключ не должен сминаться или выкрещиваться в процессе работы, а это возможно если твердость ключа будет HRC 40/50.

13) Выберите марку сплава из цветных металлов для изготовления поршней авиационных двигателей.

Укажите механические свойства, химический состав данного сплава, учитывая требования к условиям работы (высокая вязкость и прочность). Обоснуйте свой выбор.

14) Выберите марку стали для изготовления рессор железнодорожного вагона и укажите режим Т. О. и твердость готовых рессор.

Режимы Т. О. выберите таким образом, чтобы предупредить деформацию рессор, а также обеспечить получение в стали упругих свойств.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Практическая работа № 4

Выбор вида термической обработки для легированных сталей

Цель работы — работа со справочной литературой по выбору легированной стали для деталей в зависимости от условий работы.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;

- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

Согласно задания своего варианта:

- 1) изучить условия работы по заданной детали или инструмента и требования, предъявляемые к ней;
- 2) выбрать марку легированной стали для изготовления детали или инструмента, изучить ее химический состав и механические свойства;
- 3) дать обоснование выбора материала для заданной детали или инструмента;
- 4) составить отчет о практическом занятии

№ варианта	№ задачи
1	1,6,15
2	2,7,14
3	3,8,13
4	4,9,12
5	5,10,15
6	6,12,2
7	7,14,5
8	8,10,3
9	9,11,7
10	10,5,13
11	11,9,1
12	12,6,4
13	13,10,5
14	14,6,9
15	15,4,10

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы произвести подбор термической обработки легированной стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Задачи по выбору марки легированной стали в зависимости от условий их работы

1. Щеки и шары машин для дробления руды и камней работают в условиях повышенного износа, сопровождаемого ударами.

Подберите сталь для изготовления щек и шаров, укажите ее химический состав и свойства.

2. Лопатки реактивных и турбореактивных двигателей работают в окислительной среде при высоких температурах (800—900°C). Металл должен обладать повышенной коррозионной стойкостью и прочностью при указанной температуре.

Подберите металл и сплав, укажите его состав и свойства.

3. Рессоры грузового автомобиля изготавливают из качественной легированной стали; толщина рессоры до 10 мм. Сталь должна обладать высокими пределами прочности, выносливости и упругости.

Подберите сталь, укажите ее состав и свойства в зависимости от термической обработки.

4. Сталь, применяемая для пароперегревателей котлов высокого давления, должна сохранять повышенные механические свойства при длительных нагрузках при температурах 500°C и иметь достаточно высокую пластичность для возможности выполнения холодной деформации (гибки, завальцовки и т.п.) при сборке котла

Подберите сталь, укажите ее состав и механические свойства при комнатной и повышенной температурах.

5. Детали приборов и оборудования, которые устанавливают на морских судах, должны быть устойчивыми не только против действия воды, водяных паров и атмосферы воздуха, но и более сильного корродирующего действия морской воды.

Подберите сталь, укажите химический состав и механические свойства.

6. Крупные пневматические долота, применяемые при разработке горных пород, обладают относительно высокой твердостью и износостойкостью, но вместе с тем должны иметь достаточную вязкость, так как они испытывают в работе ударные нагрузки.

Подберите легированную сталь, укажите химический состав и режим термической обработки.

7. Завод выполняет токарную обработку чугуновых и стальных деталей с большой скоростью резания.

Выберите сплавы для резцов, обеспечивающие высокую производительность обработки стали и чугуна.

Приведите химический состав, структуру, твердость, прочность и теплостойкость и способ изготовления этих сплавов и сравните их с аналогичными характеристиками быстрорежущей стали.

8. Подберите сталь для червячных фрез, обрабатывающих конструкционные стали твердостью HB 230.

Объясните причины, по которым для этого назначения нецелесообразно использовать углеродистую инструментальную сталь У12 с высокой твердостью (HRC 63-64)

Укажите режимы термической обработки фрез из выбранной легированной стали.

9. Получение заготовок горячей деформации является производительным способом обработки.

Выберите марку стали для изготовления крупного молотового штампа; рекомендуйте режим термической обработки штампа, укажите микроструктуру и механические свойства после отпуска.

Объясните, почему подобные штампы не следует изготавливать из углеродистой стали.

10. Пружины приборов при нагреве даже в области критических температур могут изменять свои характеристики в связи с изменением модуля упругости. Это снижает точность работы приборов.

Подберите сталь для изготовления пружин, модуль упругости которого не изменяется при температурах до -220°C .

Укажите режим упрочнения стали.

11. Выберите марку стали для изготовления насосно-компрессорных труб. Металл должен обладать коррозионной стойкостью, прочностью.

Укажите его состав и механические свойства.

12. Выбрать сталь для изготовления рабочих колес центробежного насоса.

Указать механические свойства и обосновать выбор.

13. Выбрать сталь для изготовления пружин, работающих в агрессивной среде.

Указать механические свойства, обосновать выбор данной марки.

14. Выбрать сталь для изготовления хирургического скальпеля.

Указать механические свойства, химический состав и обосновать выбор.

15. Выберите марку стали для изготовления кулачковой муфты. Кулачки, муфты должны обладать высокой твердостью, износостойкостью поверхностей и общей прочностью.

Указать механические свойства, химический состав выбранной марки, дать обоснование.

Краткие теоретические сведения

Легированные стали после термической обработки (закалки и отпуска) обладают лучшими механическими свойствами, которые сравнительно мало отличаются от механических свойств углеродистой стали в изделиях малых сечений, а в изделиях крупных сечений (Диаметром свыше $15\text{—}20\text{ мм}$) механические свойства легированных сталей значительно выше, чем углеродистых. Особенно сильно повышаются предел текучести, относительное сужение и удельная вязкость. Это объясняется тем, что легированные стали обладают меньшей критической скоростью закалки, а следовательно, лучшей прокаливаемостью. Из-за большей прокаливаемости и меньшей критической скорости закалки замена углеродистой стали легированной позволяет производить закалку деталей в менее резких охладителях (масло, воздух), что уменьшает деформации изделий и опасность образования трещин. Поэтому легированные стали применяют не только для крупных изделий, но и для изделий небольшого сечения, имеющих сложную форму. Чем выше в стали концентрация легирующих элементов, тем выше ее прокаливаемость.

Инструментальные стали, как имеющие высокие твердость, износостойкость и прочность, используют для режущих инструментов, штампов холодного и горячего деформирования, измерительных инструментов, различных размеров и форм.

Для характеристики и выбора инструментальных сталей следует учитывать прежде всего главное свойство этих сталей — теплостойкость, поскольку рабочая кромка инструментов в зависимости от условий эксплуатации может нагреваться до температуры $500\text{—}700^{\circ}\text{C}$ у режущих инструментов и до 800°C — у штампов.

Стали для резания или горячего деформирования должны сохранять при нагреве высокие твердость, прочность и износостойкость, т. е. обладать теплостойкостью (красностойкостью). Это свойство создается легированием и термической обработкой. В связи с этим стали различают:

нетеплостойкие, сохраняющие высокую твердость (HRC 60) при нагреве не выше $190\text{—}225^{\circ}\text{C}$ и используемые для резания мягких металлов с небольшой скоростью, а также для деформирования в холодном состоянии. Это углеродистые и

легированные стали (с относительно невысоким содержанием легирующих элементов). Карбидная фаза их — цемент;

полутеплостойкие, преимущественно штамповые, рабочая кромка которых нагревается до 400—500°С. Это стали, легированные хромом и дополнительно вольфрамом, молибденом и ванадием. Карбидные фазы — легированный цементит и карбид хрома;

теплостойкие для резания с повышенной скоростью. Нагрев рабочей кромки до 500—650°С (быстрорежущие стали); штамповка стали при повышенном нагреве до 600—800°С. Основная карбидная фаза — карбид вольфрама (молибдена). Твердость HRC 60—62 у быстрорежущих сталей после нагрева до 600—680°С и HRC 45—52 у штамповых — 650—700°С.

При решении задач рекомендуется использовать учебные пособия, ГОСТы, справочники.

Для получения навыков в выборе легированной стали в зависимости от условий их работы приводится примерное решение задачи.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Составить технологическую карту термической обработки для заданной детали из легированной стали.
4. Сделать записи расчетов в тетрадь.

З а д а ч а. Подберите легированную инструментальную сталь повышенной теплостойкости, пригодную для решения жаропрочных сталей, уважите ее марку и химический состав, термическую обработку и микро-структуру в готовом инструменте.

Сопоставьте теплостойкость стали P12 и выбранной стали.

Решение.

При резании сталей и сплавов с аустенитной структурой (нержавеющих, жаропрочных и др.), получающих все более широкое применение в промышленности, стойкость инструментов и предельная скорость резания могут сильно снижаться по сравнению с получаемыми при резании обычных конструкционных сталей и чугунов с относительно невысокой твердостью (до HB 220—250). Это связано главным образом с тем, что теплопроводность аустенитных сплавов пониженная.

Вследствие этого теплота, выделяющаяся при резании, лишь в небольшой степени поглощается сходящей стружкой и деталью и в основном воспринимается режущей кромкой. Кроме того, эти сплавы сильно упрочняются под режущей кромкой в процессе резания, из-за чего заметно возрастают усилия резания.

Для резания подобных материалов, называемых труднообрабатываемые, малопригодны быстрорежущие стали умеренной теплостойкости типа P12, сохраняющие высокую твердость (HRC 60) и мартенситную структуру после нагрева не выше 615—620 °С.

Химический состав сталей, %

Марка стали	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Co
P18	0,85	0,3	0,3	3,6	12,5	1	1,7	-
P12Ф4К5	1,3	0,3	0,3	3,8	12,5	1	3,5	5,5

P8M3K6C	1,1	0,9	0,3	3,8	8	3,6	1,7	6
---------	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	---

Для обработки аустенитных сплавов необходимо выбирать быстрорежущие стали повышенной теплостойкости, а именно кобальтовые стали сохраняют твердость HRC 60 после более высокого нагрева до 640—645°C.

Кроме того, кобальт заметно повышает теплостойкость быстрорежущей стали, а следовательно, снижает температуру режущей кромки из-за лучшего отвода тепла в тело инструмента. Стали с кобальтом имеют высокую твердость — до 68.

Для сверл и фрез, применяемых для резания аустенитных сплавов, рекомендуются кобальтовые сплавы марок P12Ф4К5 или P8M3K6C.

Термическая обработка кобальтовых сталей принципиально не отличается от обработки других быстрорежущих сталей.

Закалка до 1240-1250°C (P13Ф4К5) и 1210-1220°C (P8M3K6C), что необходимо для растворения большого количества карбидов и насыщения аустенита (мартенсита) легирующими элементами.

Более высокий нагрев недопустим: он вызывает рост зерна, что снижает прочность и вязкость. Структура после закалки: мартенсит, остаточный аустенит (15-30%) и избыточные карбиды, не растворяющиеся при нагреве и задерживающие рост зерна. Твердость HRC 60-62.

Затем инструменты отпускают при 550-560°C (3 раза по 60 минут). Отпуск:

а) вызывает выделение дисперсных карбидов мартенсита, что повышает твердость до HRC66-69

б) превращает мягкую составляющую- остаточный аустенит в мартенсит

в) снимает напряжения, вызываемые мартенситным превращением.

После отпуска инструмент шлифуют, а затем подвергают цианированию, чаще всего жидкому с выдержкой 15-30 минут в зависимости от сечения инструмента.

Твердость цианирования слоя на глубину 0,02-0,03мм достигает HRC69-70. Цианирование повышает стойкость инструмента на 50-80%.

После цианирования возможен кратковременный нагрев при 450-500°C с охлаждением в масле, поверхность инструмента приобретает синий цвет и несколько улучшает стойкость против воздушной коррозии.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее , чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Практическая работа № 5

Выбор режима ХТО для конкретных деталей

Цель: выбрать вид химико – термической обработки для заданной детали..

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Назначить вид ХТО для конкретной детали..
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

ХТО называется поверхностное насыщение стали тем или иным элементом (углеродом, азотом, алюминием, хромом) путем его диффузии из внешней среды при высокой температуре. Концентрация диффундирующего элемента на поверхности зависит от активности окружающей среды, обеспечивающей приток атомов этого элемента к поверхности, и скорости диффузионных процессов, приводящих к отводу этих атомов в глубь металла. Толщина диффузионного слоя зависит от продолжительности процесса. К ХТО относятся цементация стали, азотирование, цианирование и диффузионная металлизация.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы назначить вид ХТО, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
4. Назначить вид ХТО для конкретной детали исходя из условий ее эксплуатации.
5. Подготовить защиту практической работы.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, выводы. Отчет предоставить в письменном виде.

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.5 Технология термической обработки на металлургических заводах

Практическая работа № 6

Выбор термической обработки для сортовой стали

Цель работы: Выбрать вид и назначить режим термической обработки сортового проката общего назначения из заданной марки стали для подготовки его к дальнейшей обработке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание: назначить режим термической обработки сортового проката общего назначения из заданной марки стали для подготовки его к дальнейшей обработке (по индивидуальным данным).

Порядок выполнения работы:

1. Описать назначение термической обработки сортового проката.
2. Выбрать виды и описать режим термической обработки сортового проката из заданной марки стали в соответствии с заданием на практическую работу (таблица 6):
 - указать химический состав заданной марки стали;
 - предложить вид термической обработки для достижения указанной в задании цели, дать обоснование выбранному виду термообработки;
 - разработать режим предложенного вида термической обработки, указав температуру нагрева, время выдержки, скорость нагрева и охлаждения.
3. Построить график термической обработки и описать технологический процесс термообработки. Пользуясь марочником сталей или методическими указаниями указать механические свойства заданной марки стали после термической обработки.
4. Описать контроль качества сортового проката после термообработки.
5. Сделать вывод по результатам работы и оформить отчет.

Краткие теоретические сведения

Сортамент сортового проката включает простые и фасонные профили общего и отраслевого назначения. К простым сортовым профилям относятся профили общего назначения, сечение которых имеет простую геометрическую форму (круг, шестигранник, квадрат, прямоугольник).

К фасонным профилям проката общего назначения относятся уголок, швеллер, двутавр, а к профилям отраслевого назначения – арматура, шахтная крепь и др.

Простые сортовые профили общего назначения, являющиеся наиболее массовым видом продукции, служат полуфабрикатом для изготовления изделий в машиностроении.

Сортовой прокат общего назначения производят диаметром или стороной квадрата от 5 до 250мм в прутках длиной, как правило, в пределах от 1,5 до 6 м или в бунтах различной массы.

Сортовой прокат изготавливают из различных марок сталей: углеродистых качественных конструкционных (ГОСТ 1050–74), легированных конструкционных (ГОСТ 4543–71), углеродистых инструментальных (ГОСТ 1435–74), легированных инструментальных (ГОСТ 5950–73), быстрорежущих (ГОСТ 19265–73), коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных (ГОСТ 5949–75).

Термическую обработку сортового проката проводят либо с целью снижения твердости для улучшения обрабатываемости резанием или давлением, либо подготовки структуры под окончательную термическую обработку. Характер термической обработки сортового металла определяется составом стали и назначением проката. Основными видами термической обработки сортового проката являются отжиг и высокий отпуск, которые приводят также к уменьшению напряжений, возникающих в металле в процессе прокатки.

Термическую обработку сортового проката на металлургических заводах проводят в печах периодического действия – (садочных) и реже в печах непрерывного действия – роликовых, толкательных, с шагающим подом.

Для наиболее рационального проведения термической обработки сортовой прокат в зависимости от марки стали и назначения условно разделяют на группы, для каждой из которых устанавливают свой технологический режим. В каждую группу объединяют стали, имеющие близкие по значению критические точки, приблизительно одинаковый температурный интервал отжига, одинаковую склонность к окислению и обезуглероживанию, а также примерно одинаковую устойчивость переохлажденного аустенита. Однако на практике одновременное соблюдение отмеченных признаков невозможно без обеспечения максимальной загрузки печей с целью повышения их производительности.

Считается целесообразным группировать стали по их назначению: 1) углеродистые инструментальные У7, У8, У9; 2) углеродистые инструментальные У10, У11, У12, У13; 3) легированные инструментальные Х, ХВГ; 4) шарикоподшипниковые; 5) углеродистые конструкционные; 6) легированные конструкционные; 7) высоколегированные коррозионно- и жаростойкие.

Качество термической обработки, кроме соблюдения режимов, в большой мере зависит от условий загрузки металла в печи. При обработке проката в печах периодического действия проводят предварительное формирование садки, для чего прокат собирают в пакеты с помощью специальных скоб – бугелей, изготовленных из чугуна или жароупорной стали. Для обеспечения равномерности нагрева садки по всему объему используют специальные методы пакетировки металла.

На рисунке 26, *а* и *б* представлены схемы укладки пакетов. На отдельных заводах укладку проката проводят в пакеты П-образной формы, рисунок 5, *б*. При таком пакетировании по сравнению с обычной пакетировкой, рисунок 5, *а* масса садки на 3–5 т меньше. Однако продолжительность выдержки для выравнивания температуры

металла в садке снижается на 3–4 ч и в результате производительность печи несколько повышается.

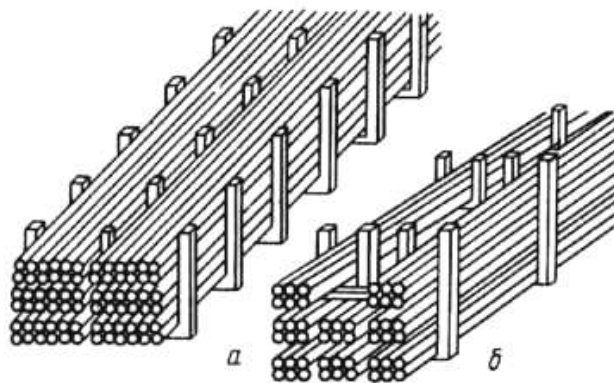


Рисунок 5 – Схемы укладки пакетов: *а* – схема обычной укладки пакетов; *б* – схема П-образной укладки пакетов

При формировании садки из сталей различных марок и профилей необходимо учитывать, что при нагреве температура нижних слоев металла в садке всегда будет ниже температуры верхних слоев, причем это отставание, независимо от конструкции печи, неизбежно. Поэтому в садке, формируемой из различных сталей, в верхних слоях размещают сталь с более высоким значением критических точек, а в нижние слои укладывают, например, стали, более склонные к обезуглероживанию. Следует также учитывать, что мелкие профили, нагрев которых происходит быстрее, следует укладывать в среднюю часть пакета ввиду затрудненности циркуляции печных газов в этой зоне.

Длительность процессов термической обработки сортового проката зависит от скорости нагрева, температуры процесса и скорости охлаждения, величины садки и конструкции используемого оборудования. В большинстве случаев скорость нагрева проката благодаря хорошей теплопроводности стали не ограничивают и устанавливают, исходя из тепловой мощности используемых печей. Для ускорения нагрева иногда температуру в печи в начальный период выдержки устанавливают на 20–40°С выше требуемой. Такая температурная «ступенька» в течение 2–4 ч ускоряет прогрев большой массы холодного металла, благодаря более значительному градиенту температур между горячими печными газами и относительно холодным металлом, что позволяет несколько сократить длительность отжига. Длительность отжига может быть сокращена и за счет выбора предельно допустимых для сталей температур отжига, но при этом следует учитывать усиление процессов окисления и обезуглероживания.

Время выдержки, необходимое для полного прогрева садки и завершения фазовых или структурных превращений, устанавливают на основании производственного опыта различных металлургических заводов в зависимости от типа печи, свойств стали и массы садки.

Группа сталей	Нормы выдержки, ч/т, при массе садки, т			
	10—15	15—20	20—25	25—30
Инструментальные легированные, быстрорежущие	0,6—0,65	0,55—0,6	0,5—0,55	0,45—0,5
Инструментальные углеродистые	0,7—0,75	0,65—0,7	0,6—0,65	0,55—0,6
Шарикоподшипниковые	0,95—1,05	0,85—0,95	0,75—0,85	0,65—0,75

Режимы охлаждения при термической обработке сортового проката устанавливают в зависимости от марки стали и предъявляемых требований (твердость, микроструктура). Охлаждение сортового проката после высокого отпуска проводят на воздухе. Скорость охлаждения при отжиге устанавливают из условий необходимости распада аустенита в области перлитного превращения. Замедленное охлаждение проката при отжиге проводят со скоростью 20–40°С /ч до 600–550°С, а дальнейшее охлаждение осуществляют на воздухе.

Термическая обработка сортового проката из углеродистых инструментальных сталей

После прокатки углеродистые инструментальные стали имеют структуру пластинчатого перлита различной степени дисперсности в зависимости от диаметра профиля, а, следовательно, и различную твердость. Пластинчатая форма перлита обусловлена тем, что прокатку проводят при температурах выше A_{c3} и при последующем охлаждении всегда происходит образование пластинчатого перлита. Сталь с такой структурой имеет повышенную твердость и плохо обрабатывается резанием.

Структура и твердость углеродистых сталей после охлаждения на воздухе с температуры конца прокатки приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Структура и твердость проката из сталей после охлаждения на воздухе с температуры конца прокатки

Марка стали	Структура после охлаждения на воздухе	Твердость <i>HV</i>
У7А	Пластинчатый перлит и феррит	285—229
У8А	Пластинчатый перлит	302—241
У9А	Пластинчатый перлит и цементит	321—255
У10А	То же	321—255
У12А	»	341—269
У13А	»	341—269

Снижение твердости и улучшение обрабатываемости резанием этих сталей достигается за счет получения структуры зернистого перлита. Зернистый перлит, кроме того, является оптимальной исходной структурой для последующей закалки, так как

карбиды зернистой формы при нагреве медленнее переходят в твердый раствор, уменьшают склонность к росту зерна аустенита и обеспечивают оптимальное сочетание свойств прочности и вязкости за счет равномерного их распределения в мартенсите.

Для получения структуры зернистого перлита в углеродистых сталях температура нагрева при отжиге должна лишь ненамного превышать A_{c1} . В этом случае в образующемся неомогенном аустените остаются частицы цементита, являющиеся центрами кристаллизации, и легче происходит образование новых центров.

Оптимальная температура отжига инструментальных углеродистых сталей для получения структуры зернистого перлита $A_{c1} + (10-20^{\circ}\text{C})$. Нагрев выше этого интервала приводит к получению более гомогенного аустенита, и при дальнейшем формировании структуры наряду с зернистым перлитом образуется и пластинчатый перлит.

При пониженных температурах отжига сохраняется большое количество нерастворенных частичек цементита, обуславливающих образование мелкодисперсной структуры. В случае же сочетания с повышенной скоростью охлаждения это приводит к образованию точечного перлита, имеющего повышенную твердость.

Скорость охлаждения при отжиге должна обеспечить полноту распада переохлажденного аустенита в верхнем температурном интервале $700-600^{\circ}\text{C}$. Охлаждение со скоростью $20-50^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ до 600°C при отжиге углеродистых инструментальных сталей способствует завершению распада переохлажденного аустенита в верхней области перлитного превращения и коагуляции цементита. Стали У7А, У8А, У9А имеют узкий температурный интервал отжига $A_{c1} + (10-15^{\circ}\text{C})$, поскольку их состав близок к эвтектоидному. Отжиг этих сталей наиболее затруднителен, так как при отжиге большими садками практически невозможен равномерный нагрев всего объема в столь узком интервале.

Отжиг этих сталей проводят совместно при температуре нагрева 745°C

Для сокращения длительности отжига профили размером $40-60\text{мм}$ вначале нагревают до 760°C и выдерживают в течение 2 ч. Стали У10А–У13А имеют больший температурный интервал отжига и, следовательно, отжиг на зернистый перлит осуществляется легче. На результаты отжига влияет исходная структура стали. Заэвтектоидные углеродистые стали после прокатки с окончанием при $900-950^{\circ}\text{C}$ и обычного охлаждения на воздухе имеют структуру пластинчатого перлита и сетки цементита по границам зерен. Цементитная сетка последующим отжигом не устраняется. Наличие сплошной грубой сетки недопустимо.

Наиболее эффективным методом снижения неоднородности в распределении цементита в инструментальных сталях является разрушение сетки прокаткой при $800-750^{\circ}\text{C}$. Дальнейшее снижение температуры конца прокатки ограничено энергетическими возможностями прокатных станов, а также пластичностью металла. С целью предотвращения образования цементитной сетки применяют ускоренное (водой или водо-воздушной смесью) охлаждение раската в интервале $950-700^{\circ}\text{C}$ по выходе из последней клетки стана.

Заэвтектоидные инструментальные стали перед отжигом подвергают контролю на цементитную сетку, для чего на двух образцах от каждой плавки проверяют микроструктуру. В случае несоответствия структуры требованиям стандарта перед отжигом плавку подвергают нормализации – нагреву выше A_{cm} (до 850°C) с

выдержкой, обеспечивающей прогрев всей садки, а затем после выгрузки из печи – ускоренному охлаждению мощным потоком воздуха от вентиляторов. Следует учитывать, что нормализация стали приводит к дополнительному обезуглероживанию. Заэвтектоидные углеродистые стали с учетом склонности их к обезуглероживанию подвергают отжигу при 770–780°C. Для ускорения нагрева в первые два часа выдержки температуру поднимают до 790–860°C. Отжиг инструментальных сталей не вызывает существенного обезуглероживания. Однако оно может оказаться значительным из-за нагрева заготовок до высоких температур под прокатку. Глубина обезуглероженного слоя лимитируется размерами профиля и группой отделки поверхности. В случае несоответствия глубины обезуглероженного слоя допустимому пределу металл подвергают специальному отжигу в окислительной атмосфере, называемому на производстве «исправительным». При таком отжиге происходит интенсивное окисление поверхностного обезуглероженного слоя и превращение его в удаляемую впоследствии окалину.

Твердость углеродистых и инструментальных сталей после отжига должна соответствовать следующим значениям (не более):

Сталь.....	У7А	У8А	У9А	У10А	У12А	У13А
Твердость <i>HВ</i> ...	187	187	192	192	207	217

Допустимая глубина (*h*) обезуглероживания сортового проката углеродистых инструментальных сталей следующая:

Размер профиля, мм.....	6–10	11–16	17–25	26–40	41–60
<i>h</i> , мм.....	0,30	0,40	0,50	0,60	0,75

Режимы отжига сортового проката углеродистых инструментальных сталей приведены на рисунке 30. Продолжительность выдержки определяют по данным таблицы 1.

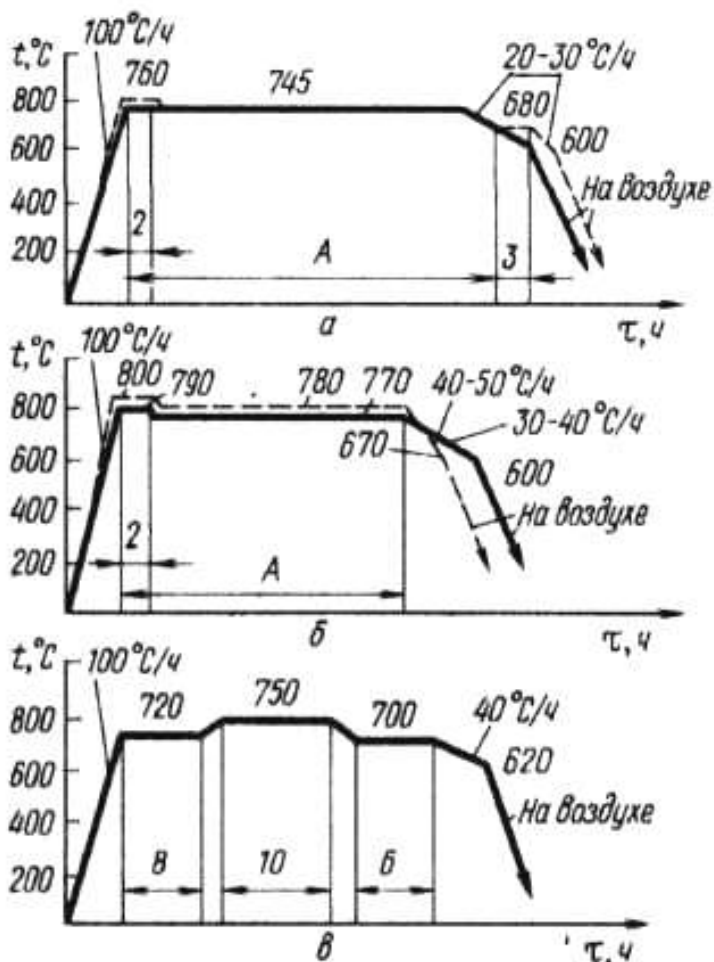


Рисунок 6 – Режимы отжига сортового проката углеродистых инструментальных сталей: *a* – У7, У8, У9; *б* – У10, У11, У12, У13; *в* – «исправительный отжиг сталей У7-У13(масса садки 30 тонн); сплошная линия – профили диаметром до 40 мм; штриховая – диаметром более 40 мм

Ход работы:

Вариант	Марка стали	Цель ТО
1, 6, 11,	У9А	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
16, 21, 26	У12А	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
2, 7, 12,	ХВГ	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
17, 22, 27	Р9	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
3, 8, 13,	4ХВ2С	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
18, 23, 28	40	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
4, 9, 14,	50	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
19, 24, 29	20ХМ	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
5, 10, 15,	25Х2Н4ВА	Снизить твердость, улучшить обрабатываемость резанием
20, 25, 30	15ХФ	Повысить пластичность перед холодным выдавливанием

Отчёт о работе должен содержать название и цель работы, в ходе работы должны быть отражены теоретические положения, выполнены задания (перечисленные в порядке выполнения работы).

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.5 Технология термической обработки на металлургических заводах

Практическая работа № 7

Выбор режима термообработки листового проката

Цель: Выбрать вид и назначить режим термической обработки листового проката из заданной марки стали для подготовки его к дальнейшей обработке.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание: по индивидуальным данным назначить вид термической обработки с последующей его разработкой

Порядок выполнения работы:

1. Описать назначение термической обработки сортового проката.
2. Выбрать виды и описать режим термической обработки листового проката из заданной марки стали в соответствии с заданием на практическую работу (таблица 2):
 - указать химический состав заданной марки стали;
 - предложить вид термической обработки для достижения указанной в задании цели, дать обоснование выбранному виду термообработки;
 - разработать режим предложенного вида термической обработки, указав температуру нагрева, время выдержки, скорость нагрева и охлаждения.
3. Построить график термической обработки и описать технологический процесс термообработки. Пользуясь марочником сталей или методическими указаниями, указать механические свойства заданной марки стали после термической обработки.
4. Описать контроль качества листового проката после термообработки.
5. Сделать вывод по результатам работы и оформить отчет.

Краткие теоретические сведения

Листовой прокат составляет почти половину от общего количества проката, производимого на металлургических заводах, и потребность в нем постоянно возрастает. Применение прогрессивных технологических процессов штамповки и сварки взамен литья,ковки и резания обуславливает широкое использование листового проката в различных отраслях машиностроения и в строительстве. В зависимости от толщины листовую сталь условно разделяют на тонколистовую (толщиной 0,2–3,9 мм) и толстолистовую (толщиной 4,0–160 мм). Тонколистовую сталь производят в листах шириной от 500 до 4000 мм и длиной от 1200 до 5000 мм, а также в виде полосы в рулонах шириной от 200 до 2300 мм. Толстолистовую сталь производят в виде листов или широкой полосы.

Листовой прокат используют, как правило, в состоянии поставки, т. е. без дополнительной термической обработки у потребителя и свойства стали в листах, поставляемых с металлургических заводов, в основном сохраняются и в готовых изделиях. Поэтому к листу предъявляют требования по механическим свойствам. В зависимости от категории (группы) поставки нормируют все или некоторые из

следующих характеристик: предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, ударную вязкость после механического старения и при различных температурах (от +20 до минус 70°С).

Преобладающую часть листового проката используют для изготовления изделий методами холодной пластической деформации (штамповкой, гибкой и т. п.), в связи с чем к стали предъявляют требования по штампуемости, характеризуемой глубиной лунки при испытании на вытяжку по Эриксену, и способностью выдерживать испытание на загиб. Перспективными критериями характеристик штампуемости являются коэффициент нормальной пластической анизотропии и показатель упрочнения.

В некоторых случаях к листовой стали предъявляют требования по микроструктуре (величине и неравномерности зерна, наличию и распределению структурно-свободного цементита, глубине обезуглероженного слоя).

Принято и нашло отражение в стандартах подразделение стали на категории по уровню механических свойств и видам механических испытаний, и на группы по способности к вытяжке (обозначаемые Г – глубокая, Н – нормальная, ВГ – весьма глубокая, СВ – сложная, ОСВ – особо сложная и ВОСВ – весьма особо сложная).

Цели и виды термической обработки

Стандарты на поставку листовой стали представляют заказчику возможность весьма широкого выбора стали как по химическому составу, так и по уровню механических свойств. Требуемые свойства могут существенно отличаться от свойств, получаемых непосредственно после прокатки, и в этом случае возникает необходимость в термической обработке. Такая термическая обработка осуществляется на завершающих стадиях цикла производства листа и является окончательной. Используют также и промежуточную термическую обработку, выполняемую после холодной или горячей прокатки для облегчения последующей холодной деформации.

Рассмотрим основные виды термической обработки, используемые при производстве листового проката.

Рекристаллизационный отжиг – для восстановления пластичности стали после холодной деформации. Такому отжигу подвергают всю тонколистовую холоднокатаную качественную сталь для холодной штамповки. Рекристаллизационный отжиг применяют и на промежуточных стадиях изготовления листа для повышения пластических свойств стали и облегчения ее последующей прокатки.

Отжиг – в основном для горячекатаных листов, свойства которых не соответствуют требованиям стандартов;

Нормализация (иногда с высоким отпуском) – с целью измельчения зерна и повышения его однородности, устранения полосчатости структуры, уменьшения склонности к деформационному старению, улучшения штампуемости.

Закалка и высокий отпуск (улучшение) – для обеспечения требуемых высоких механических свойств.

Режимы термической обработки назначают в соответствии с общими принципами выполнения названных операций с учетом химического состава и исходной структуры стали, требуемых свойств после термической обработки. Конкретные температурно-временные параметры выполнения различных операций должны быть установлены с учетом состава и назначения стали, предварительной

обработки, геометрии полосы, массы садки, теплотехнических характеристик нагревательных устройств.

Термическая обработка листового проката из углеродистой стали

Тонколистовая сталь

Термическая обработка холоднокатаного листа регулирует конечную структуру и свойства стали с целью ее разупрочнения и обеспечения наилучшей штампуемости. Для этого используют рекристаллизационный отжиг, реже нормализацию.

Основная часть тонколистовой стали предназначена для холодной штамповки. Для этой цели используют низкоуглеродистые кипящие и спокойные стали. Для предотвращения склонности к старению вводят алюминий, ванадий, титан.

Наилучшая штампуемость обеспечивается при структуре равноосного феррита с размером зерна № 5–7 (для кипящих сталей), либо неравноосного (оладьеобразного, сплющенного) феррита (для спокойных сталей) с небольшим количеством мелкозернистого структурно свободного цементита. Спокойная сталь с неравноосным ферритным зерном характеризуется более низкими пределом текучести и отношением σ_T/σ_B меньшей твердостью и большей глубиной выдавливания (по Эриксену).

У нестареющих сталей (содержащих алюминий, титан и ванадий) азот и углерод должны быть связаны в стабильные нитриды и карбиды.

Процесс рекристаллизации в кипящих и спокойных сталях имеет свои особенности, что связывают с влиянием на миграцию границ зерен нитридов алюминия или сегрегационных предвыделений.

Структура и свойства холоднокатаной стали зависят не только от режимов отжига, но и от степени предшествующей холодной деформации, а также от степени обжатия при горячей прокатке, температуры конца горячей прокатки и смотки полосы в рулон.

В общем случае температуру рекристаллизационного отжига назначают в пределах от 640°C до A_{c1} . При более низкой температуре зерно получается мельче оптимального размера, что ухудшает штампуемость стали. При нагреве выше A_{c1} ввиду частичной перекристаллизации возникает опасность образования крупной и разнотермической структуры, грубых участков перлита, а также слипания кромок витков в рулоне. Обычно тонкий листовой металл для глубокой вытяжки отжигают при 640–670°C, более толстый – выше 670°C. Так как алюминий замедляет процессы рекристаллизации, спокойные стали отжигают при повышенных температурах (вблизи A_{c2}), что также облегчает образование нитридов и повышение устойчивости к старению.

Большую часть листового металла для глубокой вытяжки отжигают в рулонах в колпаковых печах с принудительной циркуляцией защитной атмосферы.

Отжиг в колпаковых печах. Рулоны собирают в стопы на стенде печи. Между рулонами прокладывают конвекторные кольца. С помощью крана опускают муфель и проводят уплотнение песочного затвора, затем продувают муфель защитным газом для удаления воздуха, включают вентиляторы, устанавливают нагревательный колпак и осуществляют горячую продувку. Защитный газ должен поступать под муфель в течение всего периода обработки. По окончании нагрева и выдержки печь выключают, снимают колпак и переносят его на другой стенд. Садку охлаждают под муфелем при подаче защитного газа до 110–140°C или до 150–180°C в зависимости от категории поставки.

В качестве защитной атмосферы все чаще используют азотную атмосферу (3–5% H_a и 95–97% N_2) с точкой росы не выше $-40^{\circ}C$.

Скорость нагрева. Для повышения однородности распределения температуры по сечению рулонов в колпаковых печах нагрев проводят медленно (со скоростью 10–50 $^{\circ}C/ч$). Рекомендуется также ступенчатый нагрев с выдержкой при 550 $^{\circ}C$ в течение 10–19 ч соответственно для рулонов с массой 11–13 т.

Показано, что повышение скорости нагрева может служить определенным резервом интенсификации весьма длительного процесса отжига, при этом скорость нагрева до 550 $^{\circ}C$ можно не регламентировать, а при более высоких температурах допустимым является нагрев со скоростью 180–250 $^{\circ}C/ч$ для кипящих и 100–150 $^{\circ}C/ч$ для спокойных сталей. Дальнейшее повышение скорости нагрева приводит к снижению пластичности стали.

Температура нагрева. Для кипящих сталей назначают температуру в пределах 680–700 $^{\circ}C$, для спокойных – в пределах 700–720 $^{\circ}C$.

Время нагрева и выдержки. Для сталей продолжительность нагрева и выдержки назначают из условия получения допустимого перепада температуры по сечению рулона. Этот перепад не должен превышать 20–40 $^{\circ}C$ для стали ВОВ, ОСВ, СВ; 40–50 $^{\circ}C$ – для ВГ и Г; 50–70 $^{\circ}C$ – для Г и Н.

В колпаковых печах первичная рекристаллизация стали проходит уже в процессе медленного нагрева садки до температуры отжига. Собирательная рекристаллизация развивается весьма медленно, поэтому удовлетворительную структуру и свойства стали можно получить после кратковременных выдержек при 680–720 $^{\circ}C$. При необходимости уменьшения полосчатости структуры, высоких и однородных пластических свойств длительность отжига увеличивают на 2–12 ч в зависимости от марки и назначения стали. Для спокойных сталей с целью обеспечения их устойчивости к деформационному старению изотермическую выдержку назначают в пределах 5–15 ч для сталей с алюминием и до 20 ч для сталей с ванадием.

Скорость охлаждения не оказывает существенного влияния на геометрию основных структурных составляющих, но влияет на свойства стали в связи с переменной растворимостью и выделением азота и углерода из феррита. Наиболее велики изменения растворимости углерода в интервале 720–400 $^{\circ}C$, азота – в интервале 600–300 $^{\circ}C$. Для предотвращения склонности стали к старению охлаждение в указанных интервалах должно быть медленным со скоростью, не превышающей 40 $^{\circ}C/мин$.

Типичный график режима отжига рулонов в одностопной колпаковой печи приведен на рисунке 7.

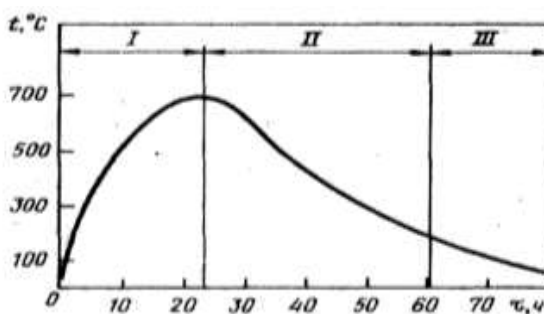


Рисунок 7 – Типичный

рулонов из стали 10 в одностопной колпаковой печи:

режим отжига

После отжига рулоны направляют на дальнейшую обработку (дрессировку, отделку и др.).

Непрерывный отжиг. Большие технологические преимущества в отношении производительности процесса, качества поверхности и однородности свойств металла создает непрерывный отжиг листового проката в горизонтальных протяжных и вертикальных печах башенного типа с конвекционным нагревом и с нагревом в жидких теплоносителях.

Для ускорения рекристаллизации температуру отжига повышают до 720°C и выше (иногда до 870°C). Общая продолжительность цикла нагрева составляет 90–150 с при конвекционном нагреве и 15–20 с при нагреве в жидких теплоносителях. Однако рекристаллизация при быстром нагреве приводит к мелкозернистости феррита, повышению твердости и прочности, ухудшению штампуемости стали. Быстрое охлаждение стали при непрерывном отжиге вызывает повышенное содержание углерода в твердом растворе и обуславливает склонность стали к старению. Выделение углерода из твердого раствора можно достичь при перестаривании, осуществляемом путем нагрева стали до определенной температуры в процессе или после окончания охлаждения стали после отжига.

Графики режимов непрерывного отжига холоднокатаной стали толщиной 0,4–2,0 мм и шириной 900–1550 мм в агрегате с башенными печами представлены на рисунке 30.

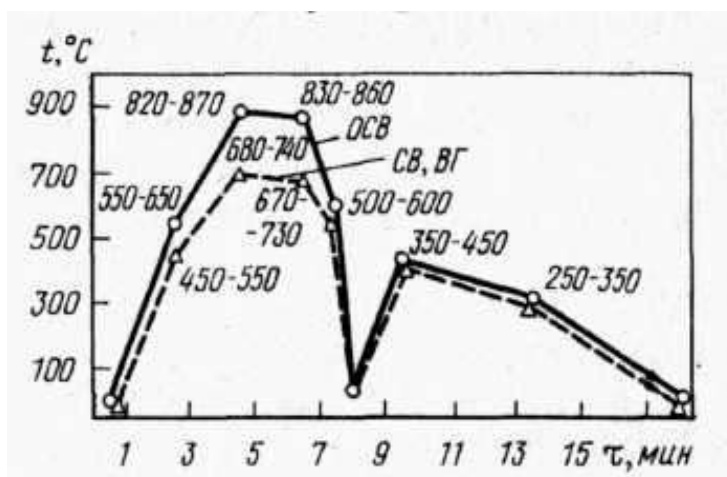


Рисунок 8 - Графики режимов термической обработки на агрегате непрерывного отжига для получения листа категорий СВ, ВГ (сталь 08Ю, 08пс) и ОСВ (сталь 08Ю)

Процессы непрерывного отжига непрерывно совершенствуются и получают все большее распространение для различных сталей, категорий и групп поставки.

Толстолистовую горячекатаную сталь производят в виде листов, рулонов, полосы с весьма широким диапазоном свойств. В зависимости от назначения и условий обработки у потребителя сталь может быть поставлена как без термической обработки, так и после смягчающей либо упрочняющей термической обработки. Для регулирования механических свойств в качестве окончательной термической обработки

используют отжиг, нормализацию (часто с высоким отпуском) и закалку с высоким отпуском.

Термическую обработку проводят в проходных роликовых печах, при этом для травленных полос используют защитные атмосферы.

Нормализацию (с высоким отпуском) применяют для повышения пластичности стали толщиной не более 15 мм, предназначенной для холодной штамповки.

Закалка с высоким отпуском позволяет уменьшить склонность сталей к деформационному и термическому старению и повысить характеристики прочности

08кп, 10кп, 15кп, 08, 10, 15, 15Г, Ст1, Ст2	920—940
20, 20Г, ВМСт3, Ст3	900—910
25, 30, 30Г, Ст4, Ст5	860—880
35, 40, 45, 45Г	820—840
50, 50Г, 60Г, 65Г, 70, 70Г	780—820

Приведем температуру нормализации и закалки некоторых сталей, °С:

Охлаждение при закалке проводят в закалочных устройствах (прессы, душирующие установки, роликовые закалочные машины).

Отпуск осуществляют в проходных (реже садочных) печах при 600–700°С. Время нагрева при отпуске в проходных печах определяют из расчета 1,5–4,0 мин/мм, охлаждение – на воздухе или распыленной водой.

Термическая обработка листового проката из легированных сталей

Прокат из легированных сталей поставляется тонко- и толстолистовым как без термической обработки, так и в термически обработанном состоянии. В зависимости от требуемых механических свойств готовых листов применяют следующие виды термической обработки: отжиг, нормализацию, нормализацию с высоким отпуском, закалку с высоким отпуском. В последние годы производство термически обработанного и особенно упрочненного проката непрерывно расширяется, что имеет большое народнохозяйственное значение ввиду сокращения удельного расхода стали, увеличения срока службы изделий, надежности и долговечности продукции, что равносильно увеличению объема готовой металлопродукции. В частности, упрочняющая термическая обработка проката из углеродистых и низколегированных сталей является эффективным способом повышения прочности и хладостойкости стали.

Для листов из низколегированных сталей в основном используют нормализацию или закалку с высоким отпуском. Нормализация позволяет повысить в основном ударную вязкость стали; закалка с отпуском в 1,5–1,8 раза повышает характеристики прочности стали при сохранении достаточно высокой пластичности и хладостойкости, снижает склонность к деформационному старению.

Листы из легированных конструкционных сталей подвергают отжигу, отпуску, нормализации или улучшению.

Высоколегированные стали аустенитного и аустенито-ферритного классов закалывают, а ферритного и мартенситного – отжигают или подвергают высокому отпуску.

Термическую обработку (нормализацию, закалку, отпуск) листов толщиной до 50 мм проводят в проходных роликовых печах, более толстых – в печах садочного типа (преимущественно в камерных с выдвигаемым подом).

Температура нагрева некоторых сталей при различных операциях термической обработки приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Температура нагрева листов из легированных сталей при различных операциях термической обработки.

Марка стали	Температура, °С		
	отжига	нормализации (Н), закалки (З)	отпуска
<i>Низколегированные стали</i>			
14ХГС, 17Г1С, 17ГС, 16ГС, 14Г2	—	900—920 (Н)	—
09Г2, 10ХСНД, 10Г2С1Д	—	930—950 (Н, З)	690—710
09Г2С, 09Г2СД, 10Г2С1	—	940—960 (Н, З)	660—690
<i>Легированные конструкционные стали</i>			
38ХА, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х	750—800	840—860 (Н)	690—710
20ХГСА, 30ХГСА, 35ХГСА, 25ХГФ	750—800	820—840 (Н)	690—710
<i>Коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные стали: аустенитный класс</i>			
08Х22Н6Т, 10Х14Г14Н3, 10Х14АГ13, 20Х20Н14Г2	—	1000—1050 (З)	—
20Х13Н4Г9, 10Х14Г14Н4Т, 12Х14Г9АН4, 03Х17Н14М3	—	1050—1080 (З)	—
20Х25Н20С2, 12Х25Н16ТАР	—	1080—1100 (З)	—
10Х23Н18	—	1100—1150 (З)	—
<i>мартенситный класс</i>			
12Х13, 20Х13, 30Х13, 40Х13, 11Х11Н2ВМФ	840—880	—	—
<i>ферритный класс</i>			
14Х17Н2, 08Х13, 12Х17, 08Х17Т, 08Х18Т1, 15Х25Т, 15Х28	—	760—780	—

Время нагрева и выдержки назначают с учетом теплотехнических характеристик печей, в общем случае для проходных роликовых печей продолжительность нагрева может быть ориентировочно определена из расчета 1,0–2,0 мин/мм для нормализации и закалки, 3,0–6,0 мин/мм для отпуска.

Охлаждение листов при закалке осуществляют в прессах или в роликовых закалочных машинах. Закалочный пресс состоит из двух гребешковых рам, между которыми зажимают лист с усилием около 1300 кН и охлаждается водой через отверстия в полых прижимных рейках рамы. Более совершенными устройствами для охлаждения толстых листов являются роликовые закалочные машины, где лист зажимают не рейками, а вращающимися роликами и в процессе охлаждения струями воды он перемещается.

В ряде случаев, особенно при использовании садочных печей, листы охлаждают в баках с водой, перемешиваемой воздухом.

Охлаждение при нормализации низколегированных сталей и отпуске проводят на воздухе (на открытом рольганге) или ускоренно (распыленной водой).

Для отжига листов и рулонов чаще используют садочные печи. Охлаждение при отжиге легированных конструкционных сталей проводят в стопах или на рольганге, закрытом футерованным кожухом, со скоростью 30–60°С/ч приблизительно до 500°С, далее на воздухе.

Для предотвращения обезуглероживания и окисления холоднокатаную и горячекатаную травленную листовую сталь нагревают в защитных атмосферах. После отжига холоднокатаные листы охлаждают в защитной атмосфере до 160–180°C.

В последние годы на металлургических заводах освоен ускоренный отпуск листов, который проводят в печах с температурой 940–960°C, а время пребывания листов в печи рассчитывают таким образом, чтобы температура металла на выходе из печи была на 20–30°C выше температуры при обычном отпуске. Это в 2–3 раза сокращает длительность отпуска.

Термическая обработка листового проката из двухфазных (мартенситно-ферритных) сталей

Применение таких сталей позволило получить повышенные характеристики прочности ($\sigma_T = 350\text{--}450$ МПа, $\sigma_B = 600\text{--}1000$ МПа) при штампуемости на уровне низкоуглеродистых нелегированных сталей ($\delta = 20\text{--}30\%$, $\sigma_T / \sigma_B = 0,5\text{--}0,63$). Эти стали содержат 0,06–0,13% С; 1–2% Мп; 0,25–1,5% Si; 0,5% Cr; 0,1% V или 0,1–0,4% Мо.

Двухфазную структуру, состоящую из зерен феррита, окруженных участками мартенсита (иногда бейнита) в количестве 5–15% получают закалкой при нагреве до температур, соответствующих $\alpha + \gamma$ области (750–800°C) с резким охлаждением со скоростью 10–200°C/с. Легирующие элементы способствуют повышению устойчивости аустенита и тем самым предотвращают его распад при охлаждении из двухфазной области. Кроме того, кремний способствует повышению временного сопротивления стали и не влияет на ее предел текучести. Наличие феррита служит основной причиной хорошей штампуемости стали.

При изготовлении деталей методом штамповки после деформации проводят кратковременный отпуск при 200–400°C. Отпуск можно совместить с процессом сушки изделий после покраски, что создает большие технологические преимущества. При отпуске развивается деформационное старение, повышающее предел текучести стали.

Термическую обработку двухфазных сталей в колпаковых печах не производят ввиду неизбежного слипания витков рулона при нагреве до высоких температур (соответствующих $\alpha + \gamma$ области) и невозможности осуществления требуемых больших скоростей охлаждения. Для термической обработки используют агрегаты непрерывного отжига. Конкретные температурно-временные параметры термической обработки назначают с учетом фактического состава стали (температур критических точек A_{c1} и A_{c3}) и требуемых свойств. Иногда используют перестаривающий отпуск, что повышает предел текучести стали.

Мартенситно-ферритные стали используют в автомобильной промышленности (для изготовления ободов колес, дверных крепежных и других деталей) и других отраслях машиностроения, когда необходимо уменьшить массу деталей за счет повышения прочности или заменить используемую сталь равнопрочной с лучшей штампуемостью.

Ход работы:

Вариант	Сталь	Цель ТО
1-5	холоднокатаный лист 0,8 мм, марка 10сп	получить категорию вытяжки ОСВ, ТО в колпаковых печах
6-10	холоднокатаный лист 0,8 мм, марка 08Ю	получить категорию вытяжки ОСВ, в агрегате непрерывного отжига
11-15	горячекатаный лист 10	повысить пластические свойства перед

	мм, марка Ст1	штамповкой
16-20	горячекатаный лист 3 мм, марка 30ХГСА	повысить ударную вязкость
21-25	горячекатаный лист 3 мм, марка 40Х	повысить прочность при сохранении достаточной пластичности
26-30	холоднокатаный лист 0,5 мм, 08ХГС	получить высокие характеристики прочности и пластичности за счет получения двухфазной ферито-мартенситной структуры

Отчёт о работе должен содержать название и цель работы, в ходе работы должны быть отражены теоретические положения, выполнены задания (перечисленные в порядке выполнения работы).

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.5 Технология термической обработки на металлургических заводах

Практическая работа № 68

Выбор режима термообработки проволоки

Цель: Выбрать вид и назначить режим термической обработки проволоки из заданной марки стали для подготовки ее к дальнейшему волочению.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание: разработать технологию термической обработки проволоки

Порядок выполнения работы:

1. Описать цель проведения промежуточной термической обработки проволоки (катанки) перед волочением.

2. Выбрать вид и описать режим термической обработки проволоки из заданной марки стали в соответствии с заданием на практическую работу (таблица 3):

- указать химический состав заданной марки стали;

- предложить вид термической обработки для достижения указанной в задании цели, дать обоснование выбранному виду термообработки;
- разработать режим предложенного вида термической обработки, указав температуру нагрева, время выдержки, скорость нагрева и охлаждения.

3. Построить график термической обработки и описать технологический процесс термообработки. Пользуясь марочником сталей или методическими указаниями, указать механические свойства заданной марки стали после термической обработки.

4. Описать контроль качества проволоки после термообработки.

5. Сделать вывод по результатам работы и оформить отчет.

Краткие теоретические сведения

Проволока представляет собой сталь с круглым или фасонным (квадратным, прямоугольным, клиновидным, трапециевидным и др.) сечением размером (диаметром) до 16 мм, поставляемую в мотках (при диаметре до 10 мм) или в бунтах (диаметром более 10 мм). Наиболее распространена круглая проволока. Проволоку изготавливают свыше 7000 типоразмеров.

По назначению различают пружинную, канатную, арматурную, подшипниковую, вязальную, игольную проволоку и др.

По величине диаметра проволоку условно подразделяют на особо толстую – диаметром свыше 8 мм, толстую – 6–8 мм, средней толщины – 1,6–6,0 мм, тонкую – 0,4–1,6 мм, тончайшую – 0,1–0,4 мм, наитончайшую (микронную) – менее 0,1 мм.

Значительную часть проволоки выпускают с защитными антикоррозионными покрытиями: цинком, оловом, кадмием, алюминием, хромом, пластмассами и лаками.

Развивается производство биметаллической проволоки (сталеалюминиевой, сталемедной).

В общем объеме производства проволоки преобладающую долю занимает проволока обыкновенного качества, изготавливаемая из низкоуглеродистых сталей; меньшую – повышенной и высокой прочности из средне- и высокоуглеродистых и легированных сталей.

Для большинства видов проволоки нормируются механические свойства в состоянии поставки. При этом основными контролируемыми характеристиками являются: предел прочности на растяжение, число перегибов, число скручиваний, способность выдерживать навивку вокруг стержня определенного диаметра без поломок и растрескивания. Кроме того, к проволоке отдельных групп в зависимости от ее назначения предъявляют дополнительные требования. В частности, тонкую (диаметром до 0,8 мм) канатную проволоку дополнительно испытывают на разрыв с узлом. Подшипниковую проволоку, предназначенную для изготовления деталей подшипников качения, проверяют по излому, микроструктуре, глубине обезуглероженного слоя, макроструктуре (флокенам, остаткам усадочной раковины, пористости, газовым пузырям, трещинам и др.).

Для отдельных видов проволоки стандартами предусмотрены различные классы и категории поставки. Например для пружинной проволоки из углеродистых сталей, применяемой для пружин, навиваемых в холодном состоянии и не подвергаемых закалке (ГОСТ 9389–78), установлены четыре класса (I, II, ПА и III), различающиеся по уровню механических свойств. Канатную проволоку поставляют по высшей и первой категориям.

Ввиду того, что дефекты поверхности служат концентраторами напряжений и очагами разрывов, к проволоке, особенно высокопрочной, предъявляют весьма высокие требования по качеству поверхности. Не допускаются закаты, плены, окалина, ржавчина, а также риски, царапины, раковины и вмятины, превышающие по глубине половину предельно допустимых отклонений по диаметру проволоки.

Проволоку получают главным образом волочением. Исходной заготовкой служит горячекатаный прокат – катанка с размерами 4,7–19 мм. Наиболее часто используют катанку диаметром 6,5 мм.

Качество катанки должно обеспечивать отсутствие обрывов при волочении и однородность готовой проволоки по механическим свойствам, в связи с чем катанка контролируется по неметаллическим включениям, усадочной рыхлости, раковинам, пузырям, дефектам прокатки (закатам, трещинам, вмятинам и т. д.). Наряду с перечисленными характеристиками весьма важна микроструктура катанки, регулируемая в зависимости от состава стали условиями ее охлаждения после прокатки и последующей термической обработкой. На заводах используют охлажденную на воздухе, ускоренно-охлажденную и сорбитизированную катанку. Для сталей с 0,4–0,9% С оптимальной деформируемостью при волочении, наряду с высокой однородностью структуры и свойств металла, обладает сорбитизированная (патентированная) катанка.

Ускоренно-охлажденную катанку производят путем охлаждения проката водой до среднемассовой температуры 650–680 °С с переохлаждением поверхности ниже температуры начала мартенситного превращения, дальнейшее охлаждение происходит на воздухе в смотанном состоянии, что приводит к неоднородности структуры и свойств по сечению катанки и длине мотка. Структура изменяется от сорбита отпуска в поверхностных слоях до тонкопластинчатого перлита в центре сечения. Для повышения пластичности такую катанку подвергают патентированию.

Все большее применение находит в промышленности сорбитизация катанки с прокатного нагрева без последующего ее патентирования. По деформируемости такая катанка близка к патентированной в солях.

Для производства игольной проволоки из стали У7А, которая должна иметь в состоянии поставки структуру зернистого перлита, предложена новая перспективная технология, заключающаяся в ускоренном охлаждении катанки перед смоткой в бунт до 500–550 °С, что приводит к распаду аустенита по аномальному механизму с образованием структуры мелкодисперсного зернистого перлита, с последующим рекристаллизационно-сфероидизирующим отжигом проволоки (диаметром 3,0 мм) по сокращенному режиму (690 °С, 4 ч) для получения требуемой дисперсности зернистого перлита.

Технологический процесс производства проволоки включает чередование операций термической обработки (патентирования, нормализации или отжига), подготовки поверхности металла к волочению, волочения. В зависимости от стали и диаметра проволоки этот цикл выполняют однократно либо повторяют несколько раз. Процесс начинается либо с подготовки поверхности, либо с термической обработки.

Подготовка поверхности катанки включает удаление окисной пленки, которое проводят травлением серной и соляной кислотой, либо механическими способами (ломкой окисной пленки путем изгиба металла в роликах, обдувкой струей металлической дроби или абразива). Перед волочением на поверхность катанки наносят изолирующий (подсмазочный) слой из материала, обладающего высокой адгезией с материалом

катанки и обеспечивающего хороший захват смазки при волочении. Непосредственно перед волочением наносят волочильные смазки (жирные кислоты и мыла на их основе), затем осуществляют волочение в твердосплавных (на основе карбида вольфрама и кобальта) либо алмазных (для тончайшей проволоки) волоках.

Для повышения стойкости против коррозии отдельные виды проволоки производят с защитными покрытиями, которые наносят либо на проволоку окончательного размера, либо на заготовку после ее патентирования. Завершающими операциями цикла производства проволоки являются испытания, смазка и упаковка.

Современное состояние производства проволоки характеризуется тенденцией к совмещению отдельных технологических операций в единых агрегатах и линиях, что является предпосылкой создания высокомеханизированных и автоматизированных поточных линий и цехов. В частности совмещают операции патентирования и цинкования, патентирования и подготовки поверхности к волочению, отжига и волочения проволоки из низкоуглеродистых сталей.

Термическую обработку при производстве проволоки применяют с целью:

- а) получения структуры, обеспечивающей способность стали к волочению до заготовки заданного размера;
- б) получения заданных характеристик прочности и пластичности готовой проволоки.

Основными операциями термической обработки являются рекристаллизационный отжиг, патентирование и закалка с отпуском.

Рекристаллизационный отжиг

Это основной вид термической обработки при изготовлении проволоки из низкоуглеродистых сталей. Такой отжиг применяют в качестве промежуточной обработки и для проволоки из высокоуглеродистых сталей, поставляемой со структурой зернистого перлита.

Мотки проволоки отжигают в колпаковых печах с газовым или электрическим обогревом, либо в проходных печах с размещением мотков на движущемся роликовом или ленточном поду. Типичные режимы отжига в колпаковых и проходной печи с роликовым подом приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Режимы отжига мотков проволоки в колпаковых печах

Марка стали	Диаметр проволоки, мм	σ_B , МПа	Режим отжига	
			t_H , °C	τ , ч
10	0,9—10,0	350—460	700	3
25	0,2—6,0	400—530	700	3
30, 50	0,2—6,0	500—600	700	6
У7—У9	0,2—0,6	600—700	670	4

Примечание. t_H — температура нагрева.

Марка стали	Режим нагрева		Режим охлаждения (в печи)		Структура
	$t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{мин}$	$t_{\text{о}}, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{мин}$	
У8А	720	60	650	—	ЗП + + ПП
У12А	770	60	690	60	ЗП
65С2ВА	740	60	650	—	ЗП
Р6АМ5	860	180	730	240	СП
	860	180	600	—	СП

Используют также печи и установки, в которых осуществляется скоростной нагрев и охлаждение проволоки, перемещаемой в виде отдельных нитей. В частности, в протяжных печах одновременно протягиваются 12–48 нитей металла. Температуру рекристаллизационного отжига назначают в пределах 680–730°С. В связи с пониженной пластичностью металла и склонностью к деформационному старению этот процесс применяют в основном в качестве предварительной обработки проволоки на промежуточных этапах ее производства.

Разработаны установки для отжига проволоки с индукционным и электроконтактным нагревом. При использовании индукционного нагрева проволоку в мотках нагревают до 750–830°С по наружной поверхности мотка и 680–700°С – по внутренней поверхности в течение 35–60 мин, предпочтительно в газовой защитной атмосфере. Охлаждение до 400°С ведут замедленно в течение 15–20 мин, далее – до температуры 40–50°С в масле – в течение 10–15 мин. Замедленное охлаждение подавляет склонность проволоки к деформационному старению в процессе хранения, что весьма важно, например, для сеновязальной проволоки.

Отжиг тончайшей проволоки из низкоуглеродистых сталей (для производства сеток) выполняют с индукционным нагревом на катушках в вакуумированном муфеле.

Патентирование

Патентирование широко применяют в производстве стальной проволоки из средне- и высокоуглеродистых и некоторых легированных (70С2ХА, 65Г, 50ХФА и др.) сталей, содержащих 0,35–0,94% С. Патентирование выполняют путем нагрева стали до аустенитного состояния с последующим охлаждением в средах (солях, свинце, кипящем слое) с температурами, обеспечивающими превращение переохлажденного аустенита в тонкопластинчатый перлит (сорбит) с толщиной пластинок цементита 10–40 нм и феррита 60–200 нм. В микроструктуре патентированной стали не должно быть мартенситных включений и избыточного феррита.

Такая структура позволяет проводить волочение с высокими степенями обжатия и обеспечивает после волочения упрочнение стали с сохранением повышенной пластичности и вязкости.

Патентирование осуществляется при непрерывном движении проволоки через нагревательную печь для аустенитизации и патентировочную ванну для превращения аустенита. Особенностью нагрева и охлаждения при патентировании является кратковременность этих процессов, так как их выполняют на проволоке, размотанной в нить. В связи с этим температурные режимы нагрева и охлаждения назначают в зависимости не только от состава стали, но и от диаметра проволоки. Температура

проволоки, как правило, не успевает достичь температуры соответствующих печей или ванн.

При патентировании в промышленных условиях превращение переохлажденного аустенита происходит не в изотермических условиях, а при снижающейся температуре проволоки, при этом отличие фактических температур начала и конца превращения от температуры охлаждающей среды тем меньше, чем тоньше патентируемая проволока при прочих равных условиях.

Патентирование с печным нагревом

Стальную проволоку нагревают в печах с электрическим, газовым или мазутным обогревом. Температуру нагрева ($t_n, ^\circ\text{C}$) при патентировании проволоки диаметром $\leq 6,0$ мм определяют и зависимости от содержания углерода в стали ($C, \%$) и диаметра проволоки ($D, \text{мм}$) по формуле:

$$t_n = 900 - 50 C + 10D.$$

Температура патентирования, рассчитанная таким образом, превышает принятую для обычных процессов термической обработки (закалки, отжига). Положительное влияние повышенных температур нагрева при патентировании связывают с более полным растворением карбидов и повышением степени гомогенности аустенита, а также с его крупнозернистостью. Все это обеспечивает равномерное строение сорбитовой структуры после патентирования, повышенную пластичность и деформируемость стали, а также получение после волочения волокнистой структуры с высокой прочностью и стойкостью к перегибам и скручиваниям. Сообщается, что применение еще более высоких температур нагрева (до $970\text{--}1050^\circ\text{C}$ и даже до $1100\text{--}1180^\circ\text{C}$) позволяет повысить содержание углерода в патентируемой стали, в частности использовать сталь У12Л вместо У9А.

В ряде случаев перед патентированием для повышения однородности структуры выполняют высокотемпературную нормализацию, например для стали У9А при 1050°C в течение 15 мин. это позволяет интенсифицировать процесс волочения и получить более высокую пластичность, вязкость и циклическую прочность стали после волочения.

Время нагрева (τ , мин) в зависимости от диаметра проволоки (D , мм) определяют по формулам:

$$\tau = 30 + 5D^2, \text{ при } D \leq 5 \text{ мм};$$

$$\tau = 30 + [(5 + D)12]D^2, \text{ при } D > 5 \text{ мм}.$$

Температуру охлаждающей среды ($t_b, ^\circ\text{C}$) в патентировочной ванне назначают в пределах $420\text{--}540^\circ\text{C}$, рассчитывая ее по формуле $t_b = 490 + 60 C - 15D$

Верхний предел температур патентировочной ванны ограничен опасностью образования грубодифференцированного перлита; излишне низкая температура может привести к появлению участков мартенсита. Важно, что пониженную пластичность проволоки могут вызвать даже весьма небольшие участки мартенсита, не выявляемые при металлографических исследованиях.

Минимально необходимое время пребывания проволоки в ванне, обеспечивающее превращение переохлажденного аустенита для углеродистых сталей, составляет 15 с.

Требуемые выдержки при нагреве и охлаждении обеспечиваются в агрегатах патентирования выбором соответствующих длин печей и ванн при заданной скорости

перемещения проволоки, что, вместе с количеством одновременно обрабатываемых нитей, определяет производительность агрегата.

В легированных сталях превращение переохлажденного аустенита замедляется, это требует применения значительно больших выдержек в ванне и затрудняет патентирование. Перлитное превращение можно резко ускорить за счет ступенчатого патентирования, и выполняемого путем резкого переохлаждения проволоки до температуры, несколько превышающей температуру начала мартенситного превращения, с последующим переносом в среду с температурой, соответствующей области перлитного превращения, где и происходит образование сорбита. Для легированных сталей 50С2ХГ, 60С2ХГР, 60С2ХГФК2, 70С2ХГ ступенчатое патентирование выполняют по режиму: аустенитизация при 950°С, 10 мин; охлаждение в ванне с температурой 320°С в течение 10с; перенос в ванну с температурой 600°С и выдержка в ней 5–10 с.

Ранее в качестве среды для патентировочных ванн применяли расплавленный свинец. В связи с его токсичностью и дефицитностью в настоящее время в основном используют расплавы солей (NaNO₃, KNO₃ и др.). Установлено, что скорость охлаждения проволоки в спокойных расплавах солей несколько ниже, чем в свинце. Однако при перемешивании расплавов солей их охлаждающая способность возрастает и может быть даже выше, чем у расплавленного свинца, благодаря этому достигаются равноценные свойства проволоки, прошедшей патентирование в солях и в свинце. Подобный результат дает понижение температуры расплава солей на 20–40°С по сравнению с температурой свинцовой ванны.

Для патентирования используют также ванны с кипящим слоем.

Временное сопротивление (σ_b , МПа) проволоки, патентированной по приведенным выше оптимальным режимам, может быть оценено по формуле: $\sigma_b = (100C - D + 53) \times 10$

Ход работы

Вариант	Катанка	Цель ТО
1-5	марка 10, диаметр 2 мм	промежуточная обработка перед волочением в колпаковых печах
6-10	марка 65С2ВА, диаметр 3 мм	промежуточная обработка перед волочением в проходных печах
11-15	марка 50, диаметр 4 мм	промежуточная обработка перед волочением - патентирование
16-20	марка 70С2ХА, диаметр 6 мм	промежуточная обработка перед волочением - патентирование
21-25	марка 30, диаметр 2 мм	промежуточная обработка перед волочением в колпаковых печах
26-30	марка У8А, диаметр 3 мм	промежуточная обработка перед волочением в проходных печах

Отчёт о работе должен содержать название и цель работы, в ходе работы должны быть отражены теоретические положения, выполнены задания (перечисленные в порядке выполнения работы).

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.6 Термическая обработка валков горячей и холодной прокатки

Практическая работа № 9

Разработка технологического процесса термической обработки прокатных валков

Цель работы: изучить основные положения при разработке технологического процесса термообработки

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

Согласно задания своего варианта:

- 1) изучить условия работы по индивидуальным данным
- 2) выбрать вид термообработки стали для изготовления детали или инструмента, изучить ее химический состав и механические свойства;
- 3) разработать операции термической обработки;
- 4) сделать записи в тетрадь

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. По полученным данным выполнить задание.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Ход работы

1. Описать условия работы валков холодной и горячей прокатки и требования предъявляемые к ним.
2. Выбрать виды и режим предварительной и окончательной термической обработки поковок для валков холодной прокатки листовых станов диаметром 400 мм из стали 9Х2МФ, обеспечивающие следующие механические свойства – $\sigma_B > 600$ МПа, НВ 250:
 - указать химический состав заданной марки стали;
 - кратко описать технологические этапы производства валков холодной прокатки;

- предложить виды используемой термической обработки, дать обоснование выбранным видам термообработки, указав их назначение;
- назначить режимы предварительной термической обработки, обеспечивающие заданный уровень механических свойств. Обосновать выбранные температуру нагрева, время выдержки, указав скорости нагрева и охлаждения.
- назначить режим окончательной термической обработки валков, указав цель этой обработки

3. Выбрать виды и режим термической обработки поковок для валков горячей прокатки листовых станов диаметром 800 мм из стали 60 ХН, обеспечивающей следующие механические свойства – $\sigma_{0,2} > 400$ МПа, $\sigma_B > 760$ МПа, $\delta > 10\%$, $KCU > 0,20$ МДж/м², НВ 220:

- указать химический состав заданной марки стали;
- кратко описать технологию производства валка горячей прокатки;
- предложить виды используемой термической обработки, дать обоснование выбранным видам термообработки, указав их назначение;
- разработать режимы предложенных видов термической обработки, рассчитав температуру нагрева, время выдержки, указав скорости нагрева и охлаждения.

3. Построить график предварительной термической обработки и описать технологический процесс термообработки. Пользуясь марочником сталей указать механические свойства заданной марки стали после термической обработки

4. Описать требуемый контроль качества валков холодной и горячей прокатки после термообработки.

5. Сделать вывод по результатам работы и оформить отчет.

Краткие теоретические сведения

Валки холодной прокатки работают в весьма тяжелых условиях под влиянием значительных статических и динамических нагрузок. Они должны обладать высокой прочностью, износостойкостью, выносливостью и достаточной вязкостью. В процессе работы валки подвергаются воздействию высоких удельных давлений и значительных контактных напряжений. Многократное приложение меняющихся по знаку и величине напряжений приводит к накоплению в поверхностной зоне валка дефектов усталостного характера и образованию отслоений.

Стойкость валков холодной прокатки определяется рядом факторов, связанных с технологией их изготовления и условиями эксплуатации. К первой группе факторов следует отнести химический состав и механические свойства валков, технологию выплавки стали,ковки, термической и механической обработки. Ко второй группе факторов относятся режимы обжатия, скорость прокатки, давление металла на валки, натяжение полосы, условия охлаждения и температурное поле валков, механические свойства прокатываемого металла и др. Исходя из изложенного, к валкам холодной прокатки предъявляют следующие требования:

1) высокая и равномерная твердость поверхности, что обеспечивает высокое качество прокатываемого листа;

2) высокая прокаливаемость, необходимая для получения определенной глубины закаленного слоя (активного слоя и переходной зоны). Активный слой должен быть не менее 8 мм для валков с диаметром бочки до 250 мм и не менее 10 мм при диаметре бочки свыше 250 мм. При наличии такого слоя высокой твердости

исключается возможность продавливания поверхности бочки при перегрузках. Переходная зона уменьшает вероятность развития усталостных трещин на границе активного слоя и центральных слоев;

3) высокая износостойкость рабочего слоя;

5) высокая теплостойкость (до 350–400°C) при общем и локальном разогреве; высокая контактная прочность рабочего слоя, стойкость против образования поверхностных дефектов – трещин, отслоений, выкрошек и т. д.;

6) высокое качество поверхности. Шероховатость обрабатываемых поверхностей бочки и шеек валков должна быть не более 1,25 мкм (ГОСТ 2789–73);

7) благоприятное распределение и минимальная величина остаточных напряжений по всему сечению валка после закалки и отпуска. Наиболее опасен «пик» растягивающих напряжений на границе рабочего и переходного слоев. Уровень и характер распределения остаточных напряжений определяет объемно-напряженное состояние валков, а, следовательно, сопротивляемость поверхностных слоев бочки усталостным разрушениям;

8) отсутствие флокенов, грубых скоплений карбидов, карбидной сетки, крупноигльчатого мартенсита и других дефектов макро- и микроструктуры.

Исходя из перечисленных требований, для изготовления рабочих валков холодной прокатки применяются качественные стали, содержащие минимальное количество вредных примесей. В валковой стали должно быть минимальное количество неметаллических включений, отсутствие усадочной рыхлости, осевой или внецентренной пористости, минимальное содержание газов (особенно водорода), мелкое зерно и т. д.

Способ выплавки и разлива стали значительно предопределяет качество валков холодной прокатки, например сопротивление воздействию контактных напряжений. Переход от разлива валковой стали на воздухе к изготовлению валков из стали электрошлакового переплава, применение разлива стали в вакууме или вакуумно-дуговой переплав повышает относительную контактную прочность. Примерно в два раза снижается газонасыщенность и загрязненность неметаллическими включениями.

Для изготовления валков холодной прокатки на отечественных заводах наиболее широко используют пять марок высокоуглеродистых сталей: 9X1, 90XF, 9X2, 9X2MF и 9XCBF. Сталь 9X1 применяют для валков с диаметром бочки менее 400 мм; стали, легированные ванадием, вольфрамом, молибденом, кремнием, применяют для изготовления валков с диаметром бочки 400 мм и более.

Все эти стали заэвтектоидные. После закалки и низкого отпуска они имеют структуру, состоящую из мелкоигльчатого мартенсита с избыточными равномерно распределенными карбидами и небольшим количеством остаточного аустенита, которая обеспечивает высокую твердость.

В настоящее время на некоторых заводах применяют стали с пониженным содержанием углерода: 60XCMF, 60X2CMF, 7X2CMF, 7X2CBF и 75XCMF. Для изготовления рабочих валков многовалковых станов используют перспективную сталь ледебуритного класса X9BMFШ, а также сталь карбидного класса 6X6M1F, что позволяет практически отказаться от приобретения валков за границей. Широко применяют для изготовления валков холодной прокатки и стали с пониженным содержанием углерода типа 7XMF. Повышение стойкости валков из сталей с пониженным содержанием углерода достигается за счет повышения вязкости, меньшей

хрупкости закаленного слоя, пониженного уровня остаточных напряжений, повышенной устойчивости стали против образования трещин и отслоений на поверхности бочки валка.

Практика показывает, что большое количество валков станов холодной прокатки выходит из строя задолго до естественного износа закаленного слоя (например, рабочих валков – более 50%). За разрушение могут быть ответственными технология выплавки и разливки стали, горячей пластической деформации, термической обработки. В металле могут быть трещины металлургического, ковочного или закалочного происхождения, химическая и структурная неоднородность, различные концентраторы напряжений, повышенное содержание серы и фосфора, флокены, карбидная сетка, малая глубина закаленного слоя, неравномерная твердость, большое количество остаточного аустенита и другие факторы, способствующие снижению срока эксплуатации валков.

Технология изготовления валков холодной прокатки включает следующие основные этапы: выплавка, разливка в слитки, ковка, предварительная термическая обработка, механическая обработка, окончательная термическая обработка.

Предварительную термическую обработку проводят с целью перекристаллизации структуры кованого металла, снижения твердости и уровня остаточных напряжений, подготовки структуры к механической обработке и последующей закалке, предотвращения флокенообразования, так как все применяемые валковые стали флокеночувствительны. Даже в случае правильного проведенияковки и получения исходной структуры зернистого перлита без признаков перегрева противоблокенная обработка валков холодной прокатки обязательна, хотя для их изготовления и применяют сталь высокого качества.

Единой рекомендации относительно технологии предварительной термической обработки валков холодной прокатки до сих пор нет. К предварительной термической обработке поковок валков относятся: отжиг, улучшение, нормализация с отпуском и др. Пожалуй, наибольшее распространение на машиностроительных заводах получили следующие виды предварительной термической обработки: отжиг с последующим улучшением, двойная нормализация с последующим отпуском и отжиг на зернистый перлит. Выбор режима определяется размерами валков, технологией прокатки, условиями эксплуатации. Так, например, для валков отделочных чистовых клетей, где требуется большая жесткость, рекомендуется режим изотермического отжига с улучшением, а для рабочих валков предчистовых клетей, которые обеспечивают большие обжатия проката и испытывают большие удельные нагрузки – режим двойной нормализации с отпуском. На рисунке 11 представлены указанные режимы предварительной термической обработки валков холодной прокатки диаметром 400мм из стали 9Х2МФ.

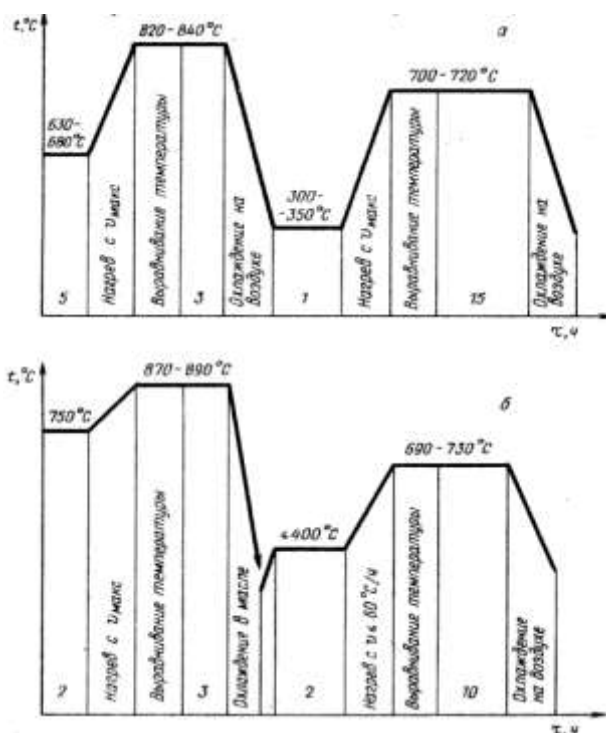


Рисунок 9 – Режим предварительной термической обработки валков холодной прокатки отделочных чистовых клетей – отжиг (а) и улучшение (б)

Температура аустенитизации при отжиге составляет 800–840°C, что немного выше критической точки A_{c1} для стали 9Х1 (745°C), 9Х2 (740–770°C), 9Х2В (745–760°C), 9Х2МФ (748°C) и 9ХФ (770°C). При такой температуре значительное количество карбидов не переходит в раствор, а при последующем охлаждении они будут являться центрами выделяющихся карбидов, что повышает дисперсность феррито-карбидной смеси. В процессе изотермической выдержки при температуре 700–720 °C образуется структура зернистого перлита, происходит частичное удаление и перераспределение водорода с переводом его в неактивную форму.

Напомним, что удаление водорода из изделий больших сечений в процессе изотермической выдержки весьма затруднительно, поэтому повышенное содержание водорода в жидкой стали (выше 4,0–5,0 см³ на 100 г металла) делает протипофлокентную обработку малоэффективной. С той же целью охлаждение с температуры изотермической выдержки следует проводить замедленно. Совершенствование технологии выплавки и разлива стали (вакуумная разливка, ВДП) понижает содержание водорода в стали, что делает возможным сокращение времени охлаждения поковок с температурыковки, времени изотермической выдержки и ускоренное охлаждение с температуры выдержки.

После грубой механической обработки и сверления осевого канала валки подвергаются улучшению. Этот процесс приводит к полной ликвидации остатков карбидной сетки, измельчению карбидной фазы, получению мелкодисперсной перлито-сорбитовой структуры, повышению прочности (особенно отношения предела текучести к пределу прочности). Температура аустенитизации валковой стали при закалке 870–890°C способствует почти полному растворению карбидной фазы (Fe, Cr)₃C в аустените и обогащению твердого раствора хромом, что вызывает повышение закаляемости и прокаливаемости стали. Закалка в масле с последующим отпуском должны обеспечить твердость порядка *HV* 230–280.

Первая схема предварительной термической обработки, состоящая из отжига с улучшением, обеспечивает высокий запас упругих свойств стали. Вторая схема предварительной обработки – двойная нормализация с отпуском – исключает операцию улучшения. Нормализация при высокой температуре (первая) растворяет карбидную сетку, а нормализация при низкой температуре (вторая) устраняет перегрев и измельчает структуру. Вторая схема предварительной термической обработки валков по сравнению с отжигом и улучшением повышает предел текучести стали, обеспечивает высокий уровень пластичности, но несколько пониженный уровень прочности и ударной вязкости. Твердость обычно не превышает НВ 220.

Технология окончательной термической обработки

После предварительной термической обработки валков холодной прокатки снимают припуск 3–15 мм и проводят окончательную термическую обработку. Основная цель ее заключается в получении высокой твердости на поверхности бочки валков, что необходимо для обеспечения высокого качества листового проката. Наибольшее распространение на отечественных заводах получила закалка с индукционным нагревом токами промышленной частоты на специальных установках типа ТП4-700. Валок нагревается внутри многovitкового кольцевого индуктора. Охлаждение проводят водой через спрейер под давлением 0,3–0,7 МПа.

Применение нагрева токами промышленной частоты позволило повысить твердость и глубину активного закаленного слоя валков холодной прокатки. Однако при этом уменьшается плавность перехода от закаленного слоя к исходной структуре, что приводит к преждевременному выходу валков из строя в результате отслоения. Для более глубокого прогрева валков по сечению, обеспечения более плавного перехода от активного слоя к незакаленному внутреннему и создания более благоприятного распределения остаточных напряжений по сечению после закалки валки предварительно подогревают на установке ТПЧ до температуры 850°C на поверхности бочки. Число подогревов зависит от требуемой глубины активного слоя и диаметра бочки валка.

После закалки валки холодной прокатки подвергают низкотемпературному отпуску. Отпуск приводит к значительному снятию и перераспределению остаточных напряжений в закаленном валке, образованию дисперсных карбидов, распаду остаточного аустенита, стабилизации размеров, выравниванию твердости поверхности бочки валка. Низкотемпературный отпуск назначают в соответствии с техническими условиям заказчика и требованиями ГОСТ 3541 79, его проводят при температуре 130–200°C.

Имеющиеся случаи отслоения на поверхности валков наряду с другими дефектами являются, возможно, результатом неудовлетворительной технологии окончательной термической обработки. Для повышения эксплуатационной стойкости валков рекомендуется готовые рабочие валки для холодной прокатки подвергать дополнительному среднетемпературному отпуску при печном или индукционном нагреве. При этом возможное снижение твердости рабочего слоя валков компенсируется превращением части остаточного аустенита в мартенсит отпуска и выделением дисперсных карбидов. Температура дополнительного отпуска должна не менее чем на 100°C превышать температуру отпуска, который проводят непосредственно после закалки.

Перспективным направлением в области технологии термической обработки валков холодной прокатки является закалка при двойном индукционном нагреве с применением токов низкой и средней частоты.

Увеличение надежности и долговечности прокатных валков может быть достигнуто применением высокотемпературной термомеханической поверхностной обработки валков, что связано с изменениями в тонком строении поверхностного слоя, повышением плотности несовершенств в деформированном металле (плотность дислокаций при ВТМПО увеличивается до 10^{10} – 10^{12} см⁻²). Электронно-микроскопические исследования свидетельствуют о более высокой степени дисперсности карбидной фазы после ВТМПО. Впервые к валкам холодной прокатки процесс ВТМПО применен М. Л. Бернштейном и М. Я. Белкиным.

Условия работы прокатных станов, даже аналогичного назначения и конструкции, могут значительно различаться. Общим в условиях работы валков горячей прокатки является следующее. Деформируемый металл разогревает поверхностный слой валка до высоких температур. Поверхность валка расширяется значительно сильнее, чем более холодные глубинные слои. Это приводит к возникновению больших напряжений: сжимающих – на поверхности и растягивающих – в глубинных слоях. В момент завершения каждого прохода горячего металла между валками поверхность валка, не находящаяся больше в соприкосновении с горячим металлом, под влиянием охлаждения водой остывает и быстро сжимается. В результате в валках возникают напряжения противоположного знака. Многократно повторяющийся циклический быстрый нагрев до высоких температур поверхностных слоев валка при контакте с раскатываемой заготовкой и их последующее охлаждение приводят к образованию сетки трещин разгара.

Проведенное М. А. Тылкиным исследование показало, что температура поверхности валка при установившемся процессе прокатки составляет 750–800°C, снижаясь во время пауз между пропусками на 100–150°C, а при переходе к новой заготовке – на 300–350°C. Однако уже на глубине 3–4мм от поверхности валка температура не превышает 100°C. Термические и структурные напряжения, возникающие на поверхности валка, суммируются с напряжениями от действующих нагрузок и могут превысить предел прочности отдельных микрообъемов, что и приводит к образованию трещин или сетке разгара.

Длительное пребывание стали при высоких температурах может привести к структурным изменениям. В сталях перлитного класса наиболее часто происходит сфероидизация цементита и карбидов.

Для прокатных валков критерием работоспособности являются термостойкость, износостойкость и усталостная прочность. В России кованные валки горячей прокатки изготавливают из сталей 55Х, 60ХГ, 60ХН, 40ХН и углеродистой стали 50.

Однако химический состав стали не может однозначно определить качество валков горячей прокатки, так как повышению сопротивления стали износу и зарождению трещин способствуют много других факторов, среди которых не последнее место занимает термическая обработка. При повышении дисперсности структуры стальных валков возрастает их износостойкость, но снижается стойкость против поломок. Наоборот, в случае зернистой структуры увеличивается стойкость против поломок, но снижается износостойкость.

Термическая обработка поковок для валков горячей прокатки после ковки является, как правило, их окончательной термической обработкой и состоит из нормализации и длительной выдержки при температуре высокого отпуска.

Необходимость нормализации вызвана тем, что в процессековки температура различных частей крупных поковок колеблется в широком интервале. Степень деформации различных слоев поковок неодинакова; отдельные участки подвергаются воздействию высоких температур без последующей пластической деформации, что приводит к сохранению крупного зерна. Целью нормализации является уменьшение остаточных напряжений, возникающих при ковке, измельчение зерна и, как следствие, повышение механических свойств поковок. Применение высокого отпуска с длительной выдержкой предупреждает образование флокенов.

На рис. 12 представлен режим термической обработки поковок для валков горячей прокатки, применяемый на различных заводах. Из рисунка видно, что для поковок из стали 60ХН изотермическую выдержку для предупреждения образования флокенов при отпуске в субкритическом районе определяли из расчета 7 ч на 100мм диаметра.

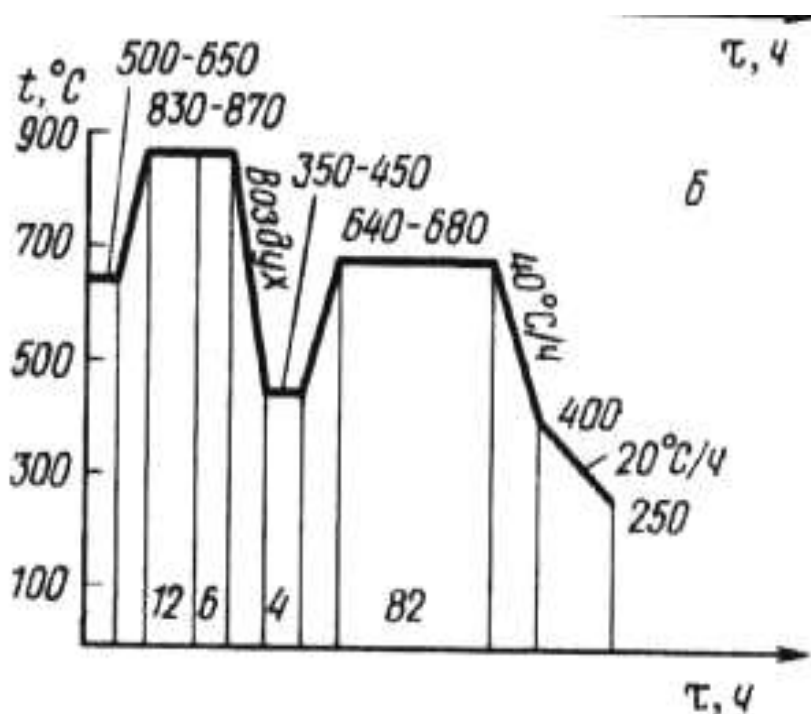


Рисунок 10 - График термической обработки поковок для производства валков горячей прокатки. Цифры обозначают продолжительность выдержки в часах.

Поковки для валков горячей прокатки подвергают термической обработке в больших печах с выдвижным подом, в которых садка достигает 220–250 т. Поковки на подине располагают в несколько ярусов. Практика термической обработки показывает, что для нормального прогрева изделий больших сечений необходима выдержка 2,5–3 ч на 100мм диаметра. Только в этом случае будут обеспечены необходимые условия для перекристаллизации, что приведет к измельчению зерна по сечению поковки, наиболее полному устранению внутренних напряжений, оставшихся после ковки, и, как следствие, к улучшению механических свойств поковок после термической обработки.

Контроль качества. Крупные поковки для валков горячей прокатки при сдаточных испытаниях подвергают контролю на механические свойства (на глубине 1/3

R от поверхности шеек на продольных образцах) σ_b , $\sigma_{0,2}$, δ , ψ , KCV и макроконтролю (на флокены и ликвационную неоднородность). Согласно техническим условиям, такому контролю подвергают каждую двадцатую поковку указанного назначения. Для этого от поковки с прибыльной части слитка отрезается проба. Кроме пробы, от шейки поковки отрезают темплет толщиной 20мм для макроконтроля. В состоянии поставки валки горячей прокатки должны обладать следующими свойствами: $\sigma_b \geq 800$ МПа, $\sigma_{0,2} \geq 500$ МПа, $\delta \geq 8$ %, $\psi \geq 33$ %, KCV $\geq 0,3$ МДж/м².

Поковки с флокенами бракуют и, как правило, подвергают перековке. В сечении шейки поковки встречается до ста флокенов. Обычно они располагаются во внецентренной зоне, на глубине $(1/3-2/3) R$, и не наблюдаются в поверхностной и центральной зонах, что можно объяснить следующим:

1. Из поверхностных зон металла путем диффузии водорода легче удалиться.
2. В центральных зонах сосредоточено больше различных пор и несплошностей, в которые может мигрировать водород, не создавая в них при этом критических давлений.

3. После отпуска остаточные напряжения в поковках распределяются таким образом, что в зоне, находящейся на глубине $(1/3-2/3) R$, возникают максимальные растягивающие напряжения, которые и способствуют возникновению флокенов.

Отчёт о работе должен содержать название и цель работы, в ходе работы должны быть отражены теоретические положения, выполнены задания (перечисленные в порядке выполнения работы).

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.7 Термическая обработка цветных металлов и сплавов

Практическая работа № 10

Выбор режима термообработки сплавов на основе меди

Цель: по полученным данным выбрать вид термической обработки сплавов на основе меди по полученным данным..

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- выбирать справочные данные, характеризующие взаимосвязи структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. По полученным данным составить технологическую карту термической обработки для вида продукции из сплава меди.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы произвести подбор термической обработки для продукции из сплавов на основе меди.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Составить технологическую карту термической обработки для заданного сортамента.
4. Сделать записи расчетов в тетрадь.

Отчёт о работе должен содержать название и цель работы, в ходе работы должны быть отражены теоретические положения, выполнены задания (перечисленные в порядке выполнения работы).

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.7 Термическая обработка цветных металлов и сплавов**Практическая работа № 11****Выбор режима термообработки сплавов на основе алюминия**

Цель работы: определить вид термической обработки листов из алюминиевых сплавов на основе их свойств.

Задание: составить зависимость видов термической обработки от свойств алюминиевых сплавов.

Материальное обеспечение: методическое пособие

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. По полученным данным выполнить задание.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения

Единственный вид термической обработки алюминиевых сплавов, не упрочняемых термической обработкой – отжиг, а способ упрочнения – наклёп при холодной деформации. Листовые полуфабрикаты из всех сплавов рассматриваемой группы поставляются промышленности в горячекатаном без термической обработки, отожженном, нагартованном и полунагартованном состояниях после горячей или холодной прокатки. Применительно к рассматриваемой группе сплавов используют высокий и низкий отжиг. Высокий отжиг. Высокий отжиг проводят при повышенных температурах и времени выдержки, достаточном для полного разупрочнения сплавов, вызываемого рекристаллизацией. Эту операцию применяют либо как промежуточную термообработку для снятия наклёпа после холодной или горячей прокатки, либо как окончательную термообработку для получения полуфабрикатов с высоким уровнем пластических свойств.

При назначении режимов высокого отжига необходимо считаться с возможностью роста зёрен (собирательная рекристаллизация), неблагоприятно влияющего на механические свойства сплавов. Во избежание роста зерна при высоком отжиге выдержка должна соответствовать минимально необходимой. Росту крупного зерна способствуют неоднородное распределение легирующих элементов в твёрдом растворе (дендритная ликвация) и неравномерность деформации по объёму полуфабрикатов. Склонность к образованию крупных зёрен особенно сильно проявляется при медленном нагреве, когда из появившихся в небольшом количестве при низких температурах центров рекристаллизации успевают вырасти зёрна больших размеров. Поэтому нагрев при высоком отжиге следует вести с максимально возможными скоростями. Режимы отжига при промежуточной и окончательной термической обработке могут различаться.

В случае промежуточного отжига основным является получение максимальных характеристик пластичности, а нежелательные структурные изменения могут быть устранены последующей холодной прокаткой и окончательной термообработкой.

Низкий отжиг. При низком отжиге, который проводится при сравнительно низких температурах, в металле происходит полигонизация, а рекристаллизация не успевает пройти полностью. Как известно, процесс рекристаллизации протекает во времени, и поэтому при заданной температуре отжига, варьируя время выдержки, можно регулировать степень снятия наклёпа от предыдущей деформации. При низком отжиге наблюдается частичное разупрочнение и некоторое повышение пластичности. Его применяют только как окончательную термообработку для обеспечения требований потребителя по механическим и физико-химическим свойствам

полуфабрикатов. Режимы высокого и низкого отжига для сплавов, не упрочняемых термической обработкой, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы высокого и низкого отжига листов из не упрочняемых термической обработкой листов из алюминиевых сплавов

Марка сплава	Температура начала рекристаллизации, °С	Отжиг	Температура отжига	Время выдержки, мин, при толщине, мм	
				Менее 6	Более 6
АД 00, АД0, АД1, АД	150-200	Высокий	300-500	2-10	10-30
		низкий	150-300	60-180	60-180
АМц	300	Высокий	300-500	2-10	10-30
		низкий		60-180	60-180
АМг1, АМг2, АМг3	300	Высокий	350-420	2-10	10-30
		Низкий	150-180	60-180	60-180
	280	высокий	350-420	60-180	60-180
АМг4	250	Высокий	300-350	30-120	30-180
АМГ5, АМг6, АМг6-1-1	270-300	высокий	310-335	30-120	30-180

Одни элементы измельчают зерно алюминия при кристаллизации, другие – при рекристаллизации. Размер рекристаллизованных зёрен в алюминии при присадке титана уменьшается только при высоком содержании железа. Уменьшению величины зерна рекристаллизованного алюминия способствуют отжиг слитков, повышение температуры горячей прокатки, увеличение скорости нагрева деформированных полуфабрикатов при отжиге. Алюминиевые листы применяют в отожжённом, нагартованном (наклёпанном) и полунагартованном (полунаклепанном) состояниях. Полу- нагартованное состояние достигается либо нагартовкой отожжённых листов до необходимого уровня прочности, либо низким отжигом нагартованного металла.

В полунагартованном состоянии регламентируется и нижний, и верхний уровень прочностных свойств, что и определяет выбор режима низкого отжига. Нагартованный алюминий при отжиге разупрочняется по-разному в зависимости от исходной степени деформации при холодной прокатке. Чем выше исходная степень деформации, тем более интенсивно протекает разупрочнение.

Рассмотрим некоторые факторы, определяющие выбор режимов термической обработки сплавов алюминия, не упрочняемых термической обработкой.

Сплав АМц. Листы из сплава АМц поставляют в отожжённом, нагартованном и полунагартованном состояниях. Особенности технологии получения листов в отожжённом состоянии связаны с необходимостью создания мелкозернистой структуры. Слиткам сплава АМц, отлитым непрерывным методом в короткий кристаллизатор, свойственно неравномерное распределение марганца по объёму твёрдого раствора, что наряду с неоднородностью деформации при холодной прокатке приводит к получению крупнозернистой структуры после высокого отжига. Для устранения этого явления используют два пути: гомогенизационный отжиг слитка и регулирование химического состава сплава

Гомогенизация при высоких температурах приводит к частичному распаду твёрдого раствора марганца в алюминии и устранению внутрикристаллитной ликвации. Изменения структуры, вызванные гомогенизацией слитка, способствуют выравниванию температур начала рекристаллизации по объёму холоднокатаных листов. Поэтому при нагреве во всём объёме полуфабрикатов одновременно появляется большое количество центров рекристаллизации, и зерно после высокого отжига получается мелким. На величину зерна влияет и скорость нагрева: чем больше скорость, тем мельче зерно.

Нагартовка позволяет в 2÷3 раза повысить прочностные свойства листов при резком снижении удлинения. Полунагартованное состояние может быть получено либо нагартовкой с небольшими степенями деформации при холодной прокатке, либо низким отжигом нагартованного металла. При получении полунагартованных листов из сплава АМц по второму способу необходимо, чтобы требуемый уровень свойств мог быть получен при отжиге в достаточно широком интервале его температур. Величина этого интервала зависит от химического состава сплава. Скорость разупрочнения при отжиге после холодной прокатки резко снижается с уменьшением содержания железа и кремния, и при содержаниях этих компонентов не более 0,2 % температурный интервал низкого отжига, обеспечивающий получение требуемого уровня свойств, вполне приемлем для практического использования.

Сплавы А1-Mg. Сплавы системы А1-Mg не упрочняются термической обработкой. Повышение прочностных свойств достигается нагартовкой на 20÷40 %; при этом листы из сплавов АМг5 и АМг6 после некоторых видов термической обработки приобретают чувствительность к межкристаллитному коррозионному растрескиванию.

Листы из сплавов А1-Mg обычно отжигают в рулонах. Горячекатаные рулоны сплавов АМг2, АМг3, АМг4 перед холодной прокаткой, как правило, не отжигают. В том же случае, если температуры конца горячей прокатки низки, рулоны необходимо

отжигать во избежание резкой развертки и сдвига витков перед холодной прокаткой. Сплавы АМг5 и АМг6 сильно наклёпываются, и перед холодной прокаткой их отжигают по режимам высокого отжига.

Сплавы АМг5 и АМг6 относятся к труднодеформируемым, и холодную прокатку листов ведут в несколько подкатов с промежуточными отжигами. Температура промежуточных и окончательных отжигов находится в пределах 310÷335 °С. Для обеспечения хороших коррозионных свойств желательны медленный нагрев и последующее медленное охлаждение после отжига. Такая термическая обработка обеспечивает равномерный распад твёрдого раствора с выделением мелкодисперсной β-фазы Al₃Mg₂. Повышение температуры высокого отжига до 350 °С приводит к переходу магния в твёрдый раствор. Если при последующей эксплуатации изделий из сплавов АМг5 и АМг6 они нагреваются до 70÷120 °С, то по границам зёрен выделяется β-фаза и материал становится склонным к межкристаллитной коррозии.

Полунагартованные листы из сплавов системы Al-Mg получают низ-ким отжигом холоднокатаного материала. Нагартованные листы из сплава АМг6 получают холодной деформацией со степенями 20÷40 %. Однако это состояние материала не стабильно.

Для получения листов из сплава АМг6, сочетающих высокий уровень прочностных и коррозионных свойств, рекомендуют следующую технологическую схему:

- а) горячая деформация;
- б) предварительная нагартовка не менее чем на 20 % при 150÷200 °С;
- в) гетерогенизационный отжиг при 200÷270 °С;
- г) окончательная деформация, величина которой определяется требуемым уровнем механических свойств.

Листы из термически упрочняемых алюминиевых сплавов подвергают полному или сокращённому отжигу. Сплавы марок Д1, Д16, Д19, ВАД1 можно также нагревать для снятия технологического наклёпа.

Полным отжигом называется отжиг, при котором обеспечивается достаточно полное протекание процессов распада твёрдого раствора и коагуляции выделяющихся фаз. Обычно его проводят при температурах 350÷430 °С. При полном отжиге материал независимо от исходного состояния полностью разупрочняется, поскольку температура отжига выше температуры начала рекристаллизации.

Сокращённый отжиг осуществляется при температурах 290÷320 °С для сплава В92ц и 350÷370 °С для остальных сплавов. Этот тип отжига при-меняют для повышения пластичности полуфабрикатов, упрочнённых закалкой и последующим

старением, а также для снятия остаточных напряжений. Отжиг проводят после предварительной механической обработки полуфабрикатов в целях уменьшения поводов и коробления после окончательной механической обработки.

Отчёт о работе должен содержать название и цель работы, в ходе работы должны быть отражены теоретические положения, выполнены задания (перечисленные в порядке выполнения работы).

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.

Тема 3.7 Термическая обработка цветных металлов и сплавов

Практическая работа №12

Технология термообработки на металлургических заводах

Цель работы – изучить основные этапы ТПП и принципы составления маршрутных технологий термической обработки.

Задание: составить маршрутную карту термической обработки данной детали по полученным данным.

Материальное обеспечение: методическое пособие

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. По полученным данным выполнить задание.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения

Разработка технологических процессов (ТП) термической обработки является составной частью технологической подготовки производства (ТПП), которая осуществляется на основе руководящих документов, объединенных в единую систему технологической подготовки производства (ЕСТПП). Эта система предусматривает организацию и управление процессом ТПП, широкое применение прогрессивных типовых ТП, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерных и управленческих работ.

Основное назначение ЕСТПП:

1) Создание для всех предприятий и организаций системного подхода к выбору и применению методов и средств ТПП, соответствующих достижениям современной науки и техники;

2) Обеспечение условий производства продукции, требуемой категории качества в минимальные сроки, при минимальных трудовых и материальных затратах на всех стадиях создания нового изделия, включая опытные образцы, а также изделия единичного производства;

3) Организация производства высокой степени гибкости, допускающей возможность непрерывного его совершенствования и быстрого перехода или переналадки на выпуск других изделий.

Цель ТПП - это обеспечение полной технологической готовности предприятия (наличие комплекта технологической документации и средств технического оснащения) к производству изделий высшей категории качества в соответствии с заданными технико-экономическими показателями, устанавливающими высокий технический уровень и минимальные трудовые и материальные затраты. ТПП начинается с получения исходных документов на разработку и производство новых изделий, организацию нового и совершенствование действующего производства.

ТПП включает решение следующих задач:

1. Отработка новых деталей, узлов и др. в целом на их технологичность;
2. Разработка технологических процессов;
3. Проектирование и изготовление средств технологической оснастки для выполнения термической обработки;
4. Организация и управление процессом ТПП.

Решение задач ТПП должно осуществляться на различных уровнях: общероссийском, отраслевом и предприятиях.

Проектированию ТП термической обработки предшествует разработка технологического маршрута, который осуществляется на основе рабочего чертежа каждой детали. Рабочие чертежи полностью прорабатываются конструктором машины или механизма, и только он в праве изменить заданные требования. Маршрутная технология - это перечень подразделений предприятия (цеха, участки, лаборатории), которые участвуют в изготовлении данной детали или изделия, перечень операций и их последовательность.

Первым этапом ТПП является разработка конструкторской документации (чертежи деталей, спецификации), количество деталей, ведомости изделий, изготовленных из специальных материалов и по кооперации, ведомости деталей

требующих для изготовления специального оборудования (испытательные стенды). Второй этап ТПП включает согласование действий различных подразделений, участвующих в изготовлении данного изделия, на предмет его технологичности. Такое согласование проводится со службами предприятия с участием главных специалистов (главный технолог, главный металлург, главный сварщик и др.).

На третьем этапе ТПП определяется соответствие марки материала с заданными техническими требованиями на деталь, с ее геометрическими размерами на предмет возможности образования деформации, коробления, трещин и чистотой поверхности. Четвертым этапом является уточнение маршрутной технологии предложенной на предварительном этапе.

Место термической обработки в процессе изготовления отдельных заготовок и деталей устанавливается в уточненной маршрутной технологии и предлагается отделом главного технолога. Операции термической обработки стараются провести перед чистовой механической обработкой, если это возможно. Если термообработка проводится после чистовой механической обработки, то при окончательной термической обработке необходимо учитывать коробление и деформацию, которые не должны выводить изделия за пределы допуска по размерам. В общем виде целью термической обработки является ликвидация внутренних напряжений детали, улучшение обрабатываемости материала, повышение механических свойств изделий до значений, требуемых от них, а также создание специальных свойств. В зависимости от цели и видов термической обработки она может быть предварительной и окончательной, таким видам термообработки может подвергаться одна и та же деталь.

Ход работы

1. Анализ исходных данных (чертеж, программа выпуска изделий, стандарты, справочники);
2. Выбор вида технологического процесса: типового, группового, единичного;
3. Выбор исходной заготовки;
4. Разработка операций термической обработки, включая транспортировку и контроль качества изделий;
5. Соблюдение требований техники безопасности и экологии при выполнении технологического процесса;
6. Расчет экономической эффективности разработанного процесса;
7. Оформление технологической документации (технологическая карта).

Рассмотрим кратко, что включает каждый из семи перечисленных пунктов. При этом следует отметить, что пункты 5 и 6 освещаются и прорабатываются

соответственно в разделах курсов по технике безопасности, БЖД и экономики, организации производства.

Исходные данные при проектировании термической обработки разделяются на базовые, руководящие и справочные. Базовые данные - это информация, содержащаяся в чертежах деталей, спецификациях, технических условиях на изготовление и годовая производственная программа их выпуска. Руководящие данные включают в себя информацию из стандартов всех уровней на технологические процессы и методы управления ими, перечень оборудования и оснастки, производственные инструкции, отраслевые руководящие материалы, информацию из классификаторов. Справочные сведения - это информация, взятая из книг, справочников, каталогов, периодической литературы, данные по ранее разработанным типовым технологическим процессам, а также методики расчета экономической эффективности, типовые компоновки оборудования.

Выбор вида технологических процессов зависит от особенностей технологического процесса, которые характеризуются возможностью одновременной обработки значительного числа как одноименных, так и разноименных деталей, удобством применения различных приспособлений для термической обработки. Технологический процесс (ТП) может быть: единичным, групповым, типовым. При единичном ТП обрабатывается одна или несколько деталей; при групповом - количество деталей сравнительно невелико; при типовом - ведется обработка различных деталей из разных материалов по одному ТП. Передовым производством считается такое, где наиболее широко используются групповые и типовые технологические процессы.

Под типизацией ТП понимается выполнение следующего комплекса задач:

1. Классификация заготовок и деталей по конструкторско-технологическому подобию.
2. Систематизация и анализ возможных технологических решений по термической обработке изделий для получения заданных свойств;
3. Проектирование (разработка) оптимального для данного производства типового процесса термической обработки.

При термической обработке параметрами конструкторского технологического подобию являются следующие параметры: вид термообработки (предварительная или окончательная); операции термообработки; их название; параметры: температура нагрева, скорости нагрева и охлаждения и др.; марка материала; эффективное сечение изделия; его габаритные размеры. При применении типовых или групповых ТП

достигается снижение трудоемкости и сокращение сроков ТПП.

Выбор исходной заготовки зависит от этапа проведения термической обработки. Она может выполняться как предварительная, так и окончательная. При нагреве и охлаждении изделий всегда происходит изменение его формы и размеров, поэтому предварительную термообработку (ПТО) желательно проводить только на заготовках или полуфабрикатах. К ним относятся отливки, штамповки, поковки, прокат, прессованные изделия, все они имеют значительный допуск на размеры и, следовательно, при термообработке возможно допустить значительные коробление и деформацию.

Окончательную термическую обработку (ОТО) проходят изделия или после предварительной механической обработки или после чистовой мехобработки, поэтому на эти изделия допуск на коробление и деформацию весьма мал. Необходимо помнить, что при ОТО глубина прокаливаемости должна быть больше, чем допуск на шлифование при чистовой обработке, чтобы не снять весь упрочненный при термической обработке слой. Следовательно, выбор размеров исходной заготовки выполняется при согласовании с технологическими службами других подразделений.

Разработка операций термической обработки включает в себя название этих операций и их параметры. Сюда входит установление температуры нагрева, времени нагрева, выдержки и охлаждения, среда нагрева и охлаждения. Кроме основных операций термической обработки предусматриваются дополнительные - очистка от окалина или масла, правка деталей, их транспортировка. На каждой операции необходимо предусмотреть контроль качества изделий, оговорив приборы, методы контроля, количество проверяемых деталей.

Оформление технологической документации выполняется в соответствии с требованиями единой системы технологической документации (ЕСТД). Назначением ЕСТД является применение единых форм бланков при оформлении технологических процессов в пределах России; обеспечение единых требований к заполнению этих бланков, когда вся информация вводится в них с использованием служебных символов. В соответствии со стандартами технологическая документация для оформления ТП термической обработки включает документы на единичный и типовой ТП.

Отчёт о работе должен содержать название и цель работы, в ходе работы должны быть отражены теоретические положения, выполнены задания (перечисленные в порядке выполнения работы).

Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета. Сдал работу вовремя.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов. Сдал работу позднее на один день, указанного срока!!

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок. Сдал работу позднее, чем на три дня, указанного срока!!

Оценка «неудовлетворительно», если студент не сдал работы или допустил максимальное количество ошибок.