

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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА**

**МДК.03.02 Технологические процессы обработки металлов давлением**

**для обучающихся специальности**

**22.02.05 Обработка металлов давлением**

Магнитогорск, 2023

## ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией  
«Металлургии и обработки металлов давлением»  
Председатель О.В. Шелковникова  
Протокол № 6 от 25.01.2023

Методической комиссией МпК  
  
Протокол № 4 от 08.02.2023

### **Разработчик:**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж  
Миронова Оксана Александровна

Методические указания по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля « ПМ 03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением».

Содержание практических работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением и овладению профессиональными компетенциями. Содержание практических работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению вида деятельности Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением и овладению профессиональными компетенциями.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	3
2 Методические указания	5
Практическое занятие 1	5
Практическая занятие 2	7
Практическая занятие 3	8
Практическая занятие 4	9
Практическая занятие 5	12
Практическая занятие 6	13
Практическая занятие 7	14
Практическое занятие 8	15
Практическая занятие 9	16
Практическая занятие 10	18
Практическая занятие 11	23
Практическая занятие 12	25
Практическая занятие 13	27
Практическая занятие 14	28
Практическое занятие 15	29
Практическая занятие 16	31
Практическая занятие 17	34
Практическая занятие 18	35
Практическая занятие 19	37
Практическая занятие 20	45
Практическая занятие 21	47
Практическая занятие 22	52
Практическая занятие 23	55
Практическая занятие 24,25	59
Практическая занятие 26	62
Практическая занятие 27	67
Практическая занятие 28	69
Практическая занятие 29	70
Практическая занятие 30	74
Практическая занятие 31	77
Практическая занятие 32	78
Практическая занятие 33	80
Практическая занятие 34	89
Практическая занятие 35	95
Практическая занятие 36	99
Практическая занятие 37	101
Практическая занятие 38	106
Практическая занятие 39	109
Практическая занятие 40,41,42	114

## 1 ВВЕДЕНИЕ

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

Состав и содержание практических 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 (умений решать задачи по математике, физике, химии и др.), необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой профессионального модуля « ПМ 03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением» предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

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

- инструктировать подчиненных о правилах эксплуатации технологического оборудования.

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 3.1. Проверять правильность назначения технологического режима обработки металлов давлением.

ПК 3.2. Осуществлять технологические процессы в плановом и аварийном режимах.

ПК 3.3. Выбирать виды термической обработки для улучшения свойств и качества выпускаемой продукции.

ПК 3.4. Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением.

ПК 3.5. Рассчитывать калибровку рабочего инструмента и формоизменение выпускаемой продукции.

ПК 3.6. Производить смену сортамента выпускаемой продукции.

ПК 3.7. Осуществлять технологический процесс в плановом режиме, в том числе используя программное обеспечение, компьютерные и телекоммуникационные средства.

ПК 3.8. Оформлять техническую документацию технологического процесса.

ПК 3.9. Применять типовые методики расчета параметров обработки металлов давлением.

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

Выполнение обучающимися практических работ по ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением, МДК.03.02 Технологические процессы обработки металлов давлением 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;

- 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 занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 2.1 Прокатное производство

#### Практическое занятие № 1

##### Характеристика прокатных станов по назначению и расположению и назначению рабочих клетей

**Цель:** изучить различные характеристики прокатных станов, научиться составлять схему производства проката.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

**Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Ознакомиться со схемами расположения оборудования прокатных станов.
3. вычертить схемы расположения клетей в рабочую тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить назначение прокатных станов по расположению рабочих клетей и по назначению.
2. Сделать необходимые записи в рабочей тетради.
3. Составить схему расположения оборудования прокатных станов.
4. Схему вычертить в рабочей тетради.
5. Защитить практическую работу.

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с методическим указанием к практической работе.
2. Разобрать схемы станов и рабочих клетей по наглядным пособиям.
3. Определить зависимость расположения рабочих клетей от его назначения.

Прокатным станом называют комплекс машин и агрегатов, предназначенных для пластической деформации металла в валках (собственно прокатки), дальнейшей его обработки (правки, резки и пр.) и транспортирования. Кроме того, в прокатных цехах установлены нагревательные печи и колодцы, печи для отжига и нормализации, устройства для очистки поверхности, лужения и оцинкования полосы, станки для шлифования и нарезки калибров валков и т. д. Все это, а также подъемные краны и другое оборудование не входят в понятие «прокатный стан», однако они необходимы для обеспечения работы прокатного цеха и выпуска готовой продукции требуемого качества.

Оборудование прокатного стана делят на две группы: оборудование, входящее в линии рабочих клетей, и прочее оборудование для транспортировки и отделки металла. Прокатные станы можно классифицировать по различным признакам: назначению, числу и расположению валков, расположению рабочих клетей, режиму работы.

**Блюминг** — обжимной стан для переработки стальных слитков сечением более 125×125 мм.

**Слябинг** — обжимной универсальный стан для переработки крупных стальных слитков в слябы шириной более 700 мм и толщиной более 75 мм.

**Непрерывный заготовочный стан**, характеризуемый последовательным расположением клетей, предназначен для непрерывной прокатки из блюмов заготовок квадратного и прямоугольного сечений от 50×50 до 150×150 мм.

**Рельсобалочный (сортовой) стан** с валками диаметром 500—950 мм предназначен для производства круглого профиля диаметром 80—300 мм, двутавровых балок до № 60, швеллеров до № 40, рельсов до № 18 и других профилей.

**Крупносортный стан** с валками диаметром 500—750 мм — для производства квадратных и круглых профилей размером 80—200 мм, двутавровых балок швеллеров до № 30 и др.

**Среднесортный стан** с валками диаметром 300—500 мм — для производства квадратных и круглых профилей 30—100 мм, швеллеров до № 12; используют также для прокатки профилей простого сечения из других металлов и сплавов.

**Мелкосортный стан** с валками диаметром 250—350 мм — для производства круглых профилей диаметром до 20 мм, квадратных профилей со стороной до 18 мм, полос толщиной до 25 мм и уголков до № 5.

**Проволочный стан** — для прокатки катанки диаметром от 5 до 10 мм.

**Универсальный балочный стан** — стан с одной парой горизонтальных и одной парой вертикальных валков, расположенных в одной плоскости.

**Толстолистовой стан** — для производства листов толщиной до 40—50 мм и шириной до 3000—4500 мм.

**Листовые станы горячей прокатки** для производства листов толщиной 1,5—12 мм и шириной 1000—2350 мм (масса рулона до 10 т).

**Листовые станы холодной прокатки** — для производства листов толщиной 0,5—2,5 мм.

**Трубопрокатный стан** — для выполнения всех основных технологических операций при производстве цельнокатаных (бесшовных) труб (состоит из системы машин).

**Лентопрокатный стан** — для холодной прокатки ленты (полос) шириной до 250 мм.

**Фольгопрокатный стан** — для холодной прокатки фольги толщиной до нескольких микрон (из стали и цветных металлов).

**Колесопрокатный стан** — для производства цельнокатаных железнодорожных колес и дисков.

**Кольцепрокатный стан** — для горячей прокатки колец подшипников качения и других заготовок в форме кольца.

**Шаропрокатный стан** — для поперечной прокатки шаров и других коротких тел вращения в винтовых калибрах.

**Стан для прокатки зубчатых колес** — специальный стан для горячей прокатки прямозубых, шевронных цилиндрических и конических шестерен.

4. Разобрать на какие группы подразделяются прокатные станы по расположению рабочих клетей.

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 клетей. Выводы предоставить в устной форме

**Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.1 Прокатное производство**

### **Практическое занятие №2**

#### **Работа на виртуальном тренажере «Непрерывный стан»**

**Цель:** с помощью трехмерной графики и анимации реализовать процесс обучения технологии прокатки стальной полосы с небольшим обжатием и последующем растяжением

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

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

#### **Материальное обеспечение:**

Виртуальный учебный комплекс «Тренажер-имитатор технологии эксплуатации стана прокатки рулонной стали»

#### **Задание:**

- 1 Изучить трехмерные модели участка линии горячего цинкования.
- 2 Изучить виртуальные пульта управления.
- 3 Изучить принцип работы оборудования непрерывного стана.
- 4 Провести проверку и оценку полученных знаний.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1 Запустить тренажер- имитатор.
- 2 Запросить сессию USB – ключом для активации.
- 3 Загрузить программу.
- 4 Ввести логин и пароль.
- 5 Начать обучение.

#### **Ход работы:**

- 1 Запустить агрегат
  - моечная машина;
  - сушило;
  - параметры СОЖ;
  - подача СОЖ;
  - ролики;
  - подача воды.

#### **Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

#### **Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо



70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Тема 2.1 Прокатное производство

### Практическое занятие №3

Работа на тренажере-имитаторе «Технологии эксплуатации стана прокатки рулонной стали»

Цель: с помощью трехмерной графики и анимации реализовать процесс обучения технологии прокатки стальной полосы с небольшим обжатием и последующем растяжением

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

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

#### **Материальное обеспечение:**

Виртуальный учебный комплекс «Тренажер-имитатор технологии эксплуатации стана прокатки рулонной стали».

#### **Задание:**

- 1 Изучить трехмерные модели участка линии горячего цинкования.
- 2 Изучить виртуальные пульта управления.
- 3 Изучить принцип работы оборудования непрерывного стана.
- 4 Провести проверку и оценку полученных знаний.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1 Запустить тренажер-имитатор.
- 2 Запросить сессию USB – ключом для активации.
- 3 Загрузить программу.
- 4 Ввести логин и пароль.
- 5 Начать обучение.

#### **Ход работы:**

- 1 запустить агрегат
- моечная машина;
- сушило;
- параметры СОЖ;
- подача СОЖ;
- ролики;
- подача воды.

#### **Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

#### **Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо

70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Тема 2.1 Прокатное производство

### Практическое занятие № 4

#### Составление схемы производства проката

**Цель:** научиться составлять схемы производства проката различного назначения

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

**Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Ознакомиться с сортаментом прокатной продукции.
3. Вычертить схемы производства проката различного сортамента.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить сортамент прокатного производства
2. Сделать необходимые записи в рабочей тетради.
3. Составить схему производства прокатной продукции различного сортамента.
4. Схему вычертить в рабочей тетради.
5. Защитить практическую работу.

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с методическим указанием к практической работе.
2. Изучить сортамент продукции прокатного производства.

**Сортовая сталь** - один из важнейших видов проката, сортамент которого является наиболее обширным. Она находит применение в различных отраслях народного хозяйства для изготовления деталей машин, станков, строительных и железобетонных конструкциях и т.д. В зависимости от назначения сортовую сталь делят на профили простой геометрической формы, к которым относятся круглые, квадратные, овальные, шестигранные, полосовые и др., и фасонные профили общего, отраслевого и специального назначения.

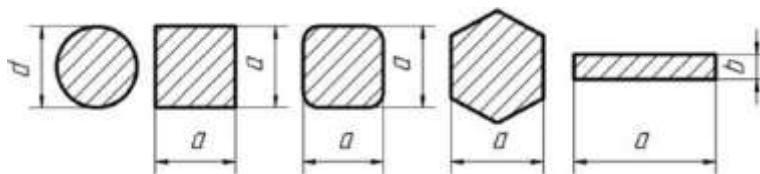
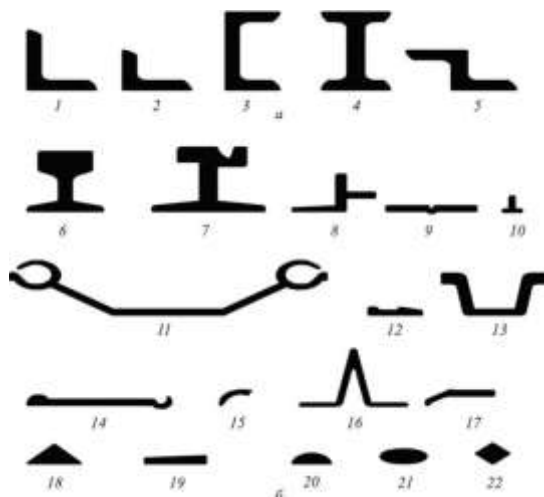


Рисунок 1 – Сортные профили общего назначения

К фасонным профилям общего назначения относят угловую равнобокую и неравнобокую стали, швеллеры, балки и зетовый профиль. Эти профили широко применяют при изготовлении стальных конструкций, различных машин, промышленных сооружений, транспортных средств и т.



1 - равнобокая угловая; 2 - неравнобокая угловая; 3 - швеллер; 4 - балка; 5 - зетовая; 6 - рельс железнодорожный; 7 - рельс трамвайный; 8 - зетобразный профиль; 9 - рессорный желобчатый; 10 - оконнорамный; 11 - шпунтовая свая; 12 - для колосниковых решеток; 13 - для шахтных креплений; 14 - для автомобильных ободов; 15 - для бортовых колец автомобилей; 16 - для тракторных шпор; 17 - для подбичников; 18 - трехгранный профиль; 19 - клиновы; 20 - сегментный; 21 - овальный; 22 - ромбический

Рисунок 2 – Фасонные сортовые профили проката

**Листовую сталь** в зависимости от толщины делят на две основные группы: толщиной более 4 мм относят к толстолистовой, а менее 4 мм - к тонколистовой стали.

Толстолистовую сталь толщиной от 4 до 160 мм из различных видов сталей и сплавов поставляют в горячекатаном состоянии для различных отраслей машиностроения, судостроения, предприятий авиационной промышленности, коглогстроения, мостостроения, для железнодорожного транспорта и целого ряда других отраслей народного хозяйства. Ширина листов колеблется от 600 до 4000 мм. В некоторых случаях ширина листов может достигать 5200 мм при длине до 50 м.

Размеры холоднокатаной тонколистовой стали, регламентированные стандартом, отличаются от горячекатаных и изменяются по толщине от 0,2 до 4,0 мм. В стандарте также оговорены ширина и длина листов, а также допускаемые отклонения по толщине, ширине и длине листов.

**Трубы** разделяют на бесшовные и сварные.

Доля труб в общем выпуске проката увеличивается с каждым годом; особенно быстро растет производство сварных и холоднокатаных груб диаметром 650 мм с толщиной стенки 2,5... 75 мм. Горячекатаные трубы диаметром до 17 мм изготавливают на современных редуционных многовалковых станах с натяжением, а трубы диаметром до 820 мм и выше - на станах-расширителях.

Волочением и холодной прокаткой изготавливают трубы диаметром 0,3... 200 мм с толщиной стенки 0,2... 12 мм. Основной сортамент труб, который охватывает холоднотянутые и холоднокатаные трубы из углеродистой и легированной стали, используется для трубопроводов и деталей конструкций разного назначения.

Сварные трубы диаметром 5... 2500 мм с толщиной стенки 0,5... 35 мм получают из углеродистых и низколегированных сталей. Трубы водогазопроводные (газовые) диаметром 6... 168 мм из низкоуглеродистой стали изготавливают в основном печной сваркой встык, а также контактной и индукционной электрической сваркой. Эти трубы применяют для водо-, воздухо- и газопроводов, а также для систем отопления и деталей конструкций.

Трубы электросварные большого диаметра изготавливают дуговой сваркой иод слоем флюса из углеродистых и легированных сталей. Эти трубы используют для магистральных трубопроводов газа, нефти, воды и других жидкостей.

Бесшовные трубы диаметром до 216 мм и толщиной стенки до 25 мм изготавливают на продольно-винтовых станах горячей прокатки. Эти трубы используются при бурении нефтегазовых скважин, в опорных конструкциях различных сооружений и в других отраслях промышленности.

Гнутые профили, изготавливаемые из листов и ленты толщиной от 0,2 до 20 мм, широко променяют в разных отраслях промышленности и для бытовых целей (например, для элементов строительных конструкций и машин, для оконных переплетов, дверей, витрин и др.). По сравнению с горячекатаными профилями гнутые профили обеспечивают большую точность, имея меньшую толщину, могут иметь закрытую форму, не выполняемую при прокатке

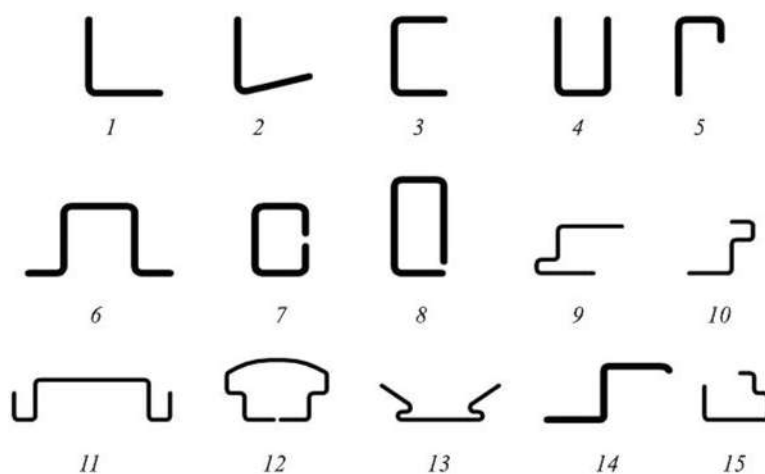


Рисунок 3 – Гнутые профили проката

5. Переписать нужный материал в рабочую тетрадь.

#### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схемы производства прокатной продукции различного сортамента. Выводы предоставить в устной форме

#### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## Тема 2.2 Ковочно – штамповочное производство

### Практическая работа № 5

#### Определение технологических параметровковки и штамповки

**Цель работы:** Определение необходимых технологических параметров процессовковки 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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:**

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

**Порядок выполнения работы:**

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

**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:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

**Тема 2.2 Ковочно – штамповочное производство****Практическая работа № 6****Устройство и принцип работы ковочного оборудования Виртуальный учебный стенд**

**Цель работы:** с помощью трехмерной графики проводить учебно – исследовательские работы по изучению машинной свободнойковки, изучению устройства и принципа действия ковочных агрегатов.

**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:**

Виртуальный учебный комплекс «Устройство и принцип работы ковочного оборудования»

**Задание:**

- 1 Изучить трехмерные модели оборудования машин свободнойковки.
- 2Изучить виртуальные пульта управления.
- 3 Изучить принцип работы ковочных агрегатов.
- 4 Провести проверку и оценку полученных знаний.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Запустить тренажер- имитатор.
- 2 Запросить сессию USB – ключом для активации.
- 3 Загрузить программу.
- 4 Ввести логин и пароль.
- 5 Начать обучение.

**Ход работы:**

Укажите где находятся:

- «вставка»;
- «верхний баек»;
- «прабочий цилиндр»;
- «электродвигатель»;
- «ременная передача»;
- «кран управления»;
- «станина»;

- «компрессорный цилиндр»;
- «маслостанция»;
- «шабот».

**Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

**Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 2.2 Ковочно- штамповочное производство**

**Практическая работа № 7**

**Построение технологического процесса производства поковок**

**Цель работы:** научиться выстраивать технологический процесс производства поковок с помощью маршрутной карты.

**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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:**

- 1 Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
- 2 Составить технологическую схему производства поковок.
- 3 Сделать выводы.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Изучить технологический процесс производства поковок.
- 2 С помощью маршрутной карты изготовления поковок схематично изобразить технологический процесс.
- 3 Сделать выводы.

**Ход работы:**

- 1 Изучить основные и вспомогательные операцииковки и штамповки.
- 2 Изучить основные технологические операции при производстве изделий ковкой и штамповкой.
- 3 На основании выбора технологических операций составить алгоритм определения технологических параметров для операцииковки и штамповки.

- 4 Скомпоновать в технологическую схему все произведенные операции.
- 5 Сделать записи в рабочей тетради.
- 6 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 операции ковки и штамповки. Выводы предоставить в письменном виде.

**Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## Тема 2.2 Ковочно- штамповочное производство

### Практическая работа № 8

#### Устройство и принцип работы штамповочных прессов Виртуальный учебный стенд

**Цель работы:** с помощью трехмерной графики проводить учебно – исследовательские работы по изучению технологии штамповки металла, изучению устройства и принципа работы штамповочного оборудования.

**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:**

Виртуальный учебный комплекс «Устройство и принцип работы штамповочных прессов»

**Задание:**

- 1 Изучить трехмерные модели оборудования штамповочных прессов.
- 2 Изучить виртуальные пульта управления.
- 3 Изучить принцип работы штамповочных прессов.
- 4 Провести проверку и оценку полученных знаний.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Запустить тренажер- имитатор.
- 2 Запросить сессию USB – ключом для активации.
- 3 Загрузить программу.
- 4 Ввести логин и пароль.
- 5 Начать обучение.



**Ход работы:**

Укажите где находятся:

- «вставка»;
- «педаль сцепления»;
- «платформа»;
- «электродвигатель»;
- «маховое колесо»;
- «соединительная тяга»;
- «ременная передача»;
- «столь правильный»;
- «ползун»;
- «станина».

**Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

**Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 2.2 Ковочно- штамповочное производство****Практическая работа № 9**

Выбор термической обработки для улучшения механических свойств прокатной продукции

**Цель работы:** определить и назначить необходимый вид термической обработки для улучшения 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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:**

- 1 Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
- 2 Изучить виды термической обработки.
- 3 По индивидуальным данным определить вид термической обработки для данной продукции.
4. Сделать выводы.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с видами термической обработки для данной изделия.
2. Выполнить задание.
3. Сделать выводы.

### **Ход работы:**

Механические свойства стали определяются не только её составом, но зависят и от её строения (структуры). Поэтому целью термической обработки является получение необходимой структуры, обеспечивающей требуемый комплекс свойств стали. Различают предварительную и окончательную термическую обработки. Предварительной термической обработке подвергают отливки, поковки, штамповки, сортовой прокат и другие полуфабрикаты. Она проводится для снятия остаточных напряжений, улучшения обрабатываемости резанием, исправления крупнозернистой структуры, подготовки структуры стали к окончательной термической обработке и т.п. Если предварительная термическая обработка обеспечивает требуемый уровень механических свойств, то окончательная термическая обработка может и не проводиться. При выборе упрочняющей обработки, особенно в условиях массового производства, предпочтение следует отдавать наиболее экономичным и производительным технологическим процессам, например, поверхностной закалке при глубинном индукционном нагреве, газовой цементации, нитроцементации и т.д.

Как известно, конструкционные стали общего назначения делятся на две группы:

- низкоуглеродистые ( $C = 0,10 - 0,25\%$ ) и
- среднеуглеродистые ( $C = 0,30 - 0,50\%$ ).

Низко- или малоуглеродистые стали подвергают цементации или нитроцементации с последующей обязательной закалкой и низким отпускком. Поэтому их чаще называют цементуемыми. Эти стали применяют для изготовления деталей машин, у которых поверхность в результате трения подвергается износу и одновременно на них действуют и динамические нагрузки. Для успешной работы в этих условиях поверхностный слой детали должен иметь твёрдость HRC 58 ... 62, а сердцевина обладать высокой вязкостью и повышенным пределом текучести при твёрдости HRC 30 ... 42.

При выборе вида химико-термической обработки следует иметь в виду, что нитроцементация имеет ряд преимуществ по сравнению с цементацией: процесс проводится при более низкой температуре (840 ... 860 °C вместо 920 ... 930 °C), получаются меньшие деформации и коробление изделий, диффузионный слой обладает более высоким сопротивлением износу и коррозии. Однако глубина нитроцементованного слоя должна быть в пределах 0,2 ... 0,8 мм, т.к. при большей глубине в поверхностном слое детали появляются дефекты. Поэтому нитроцементации подвергают детали сложной формы, склонные к короблению, у которых глубина упрочнённого слоя должна быть до 1 мм. Если же по условиям работы детали глубина слоя должна быть более 1 мм, то следует отдать предпочтение газовой цементации.

Окончательные свойства цементованных деталей достигаются в результате последующей термической обработки, состоящей из закалки и низкого отпуска. Этой обработкой можно исправить структуру и измельчить зерно сердцевины и цементованного слоя, неизбежно увеличивающегося во время длительной выдержки (до 10 ... 11 час) при высокой температуре цементации, получить высокую твёрдость на поверхности и хорошие механические свойства сердцевины детали. В большинстве случаев, особенно для наследственно-мелкозернистых сталей, применяют закалку с 820 ... 850 °C, т. е. выше критической точки  $A_{c1}$  сердцевины. Это обеспечивает получение максимальной твёрдости на поверхности детали и частичную перекристаллизацию, и измельчение зерна сердцевины. После газовой цементации часто применяют закалку без повторного нагрева, а непосредственно из цементационной печи после подстуживания деталей до 840 ... 860 °C. Такая обработка уменьшает коробление обрабатываемых изделий, но не исправляет структуру. Поэтому непосредственную закалку применяют только для наследственно- мелкозернистых сталей. Ответственные детали иногда

подвергают двойной закалке: первая с 880 ... 900 0С (выше Ас3 сердцевины) для исправления структуры сердцевины; вторая с 760 ... 780 0С – для придания поверхности детали высокой твёрдости. Недостатки такой обработки: сложность процесса, повышенное коробление, возможность окисления и обезуглероживания. В результате закалки поверхностный слой приобретает структуру высокоуглеродистого мартенсита и 15 ... 20% остаточного аустенита, иногда может быть небольшое количество избыточных карбидов. После нитроцементации чаще применяют закалку непосредственно из печи с подстуживанием до 800 ... 825 0С.

Заключительной операцией термической обработки цементованных (нитроцементованных) деталей является низкий отпуск при 160 ... 180 0С, который снимает напряжения и переводит мартенсит закалки в поверхностном слое в отпущенный мартенсит. Структура сердцевины в зависимости от размеров сечения и прокаливаемости детали может быть разная: феррит + перлит, нижний бейнит или малоуглеродистый мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита. После закалки высоколегированных сталей в структуре цементованного слоя сохраняется большое количество остаточного аустенита (до 60 % и более), снижающего твёрдость, и, следовательно, износоустойчивость детали. Для его разложения после закалки проводят обработку холодом, но чаще – высокий отпуск при 630 ... 640 0С, после чего следует повторная закалка с пониженной температуры (760 ... 780 0С) и низкий отпуск.

**Форма представления результата:** Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы, алгоритм определения вида термической обработки для деталей. Выводы предоставить в письменном виде.

**Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

**Тема 2.2 Ковочно- штамповочное производство**

**Практическая работа №10**

**Расчет матриц для прессования**

**Цель работы:** ознакомление с особенностями расчета размеров матриц; расчет размеров формообразующих элементов матриц для прессования металла.

**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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:**

- 1 Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
- 2 Произвести расчеты матриц для процесса прессования.
- 3 При расчете размеров формообразующих деталей пресс-форм необходимо учитывать возможные изменения размеров и плотности порошковой заготовки на всех стадиях технологического цикла.
- 4 Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 На основании методических рекомендаций к проведению практической 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

Таблица 2 - Значения физических показателей для различных материалов

Материал	Насыпная плотность, $\rho, \text{г/см}^3$	Плотность компактного материала, $\rho, \text{г/см}^3$	Твердость $\text{HV}_{\text{max}}, \text{МПа}$
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	

### 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.

Усилие прессование ( P ) определяется по формуле:

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

где p - давление прессования, Па;

S - площадь поперечного сечения рабочей полости матрицы, м<sup>2</sup>;

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 ( I<sub>в</sub> + I<sub>н</sub>).

Высоту спрессованного изделия h (мм) рекомендуется принимать наибольшей:

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

где h<sub>n</sub> - номинальный размер изделия по высоте, мм;

A<sub>h</sub> - допуск на размер, h, мм;

ε – припуск на дополнительную обработку, мм;

ε = 0,2 - 0,5 мм (при h<sub>n</sub> < 50 мм ε = 0,2, при h<sub>n</sub> > 50 мм ε = 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<sub>n</sub> - номинальный наружный размер, мм;

A<sub>d</sub> - допуск на размер D<sub>n</sub>, мм;

δ -упругое последствие по размеру D<sub>n</sub>, мм;

λ - изменение диаметра D<sub>n</sub> при спекании: (+) - при уменьшении размера, (-) - при увеличении размера, мм;

ε - припуск на дополнительную обработку по размеру D<sub>n</sub>, мм.

Диаметр пуансона (стержня), формирующего внутреннее отверстие в изделии d<sub>ст</sub> (мм), определяется:

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

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:

$$D2 = D1 \sqrt{([\sigma] + \rho \cdot v) / ([\sigma] - \rho \cdot v)}, \text{ мм}$$

где  $D1$  - диаметр прессуемого изделия, мм;

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

$\rho$  - максимальное давление прессования, МПа;

$v$  - коэффициент Пуансона.

На практике часто используют эмпирическую зависимость:

$$D2 > 3D1 \text{ и } D3 > D1$$

где  $D1$  - диаметр внутренней полости матрицы, мм;

$D2$  - наружный диаметр матрицы, мм;

$D3$  - 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

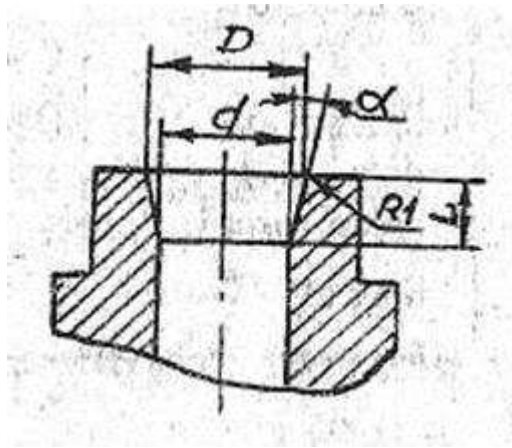
Коэффициент Пуансона  $v=0,3$ . Допускаемое напряжение  $[\sigma]=350$  МПа.

Длину конусного участка  $L$  можно приближенно определить по формуле:

$$L = (h_3 - h) / 2, \text{ мм}$$

где  $h$  - высота прессуемой детали, мм;

$h_3$  - высота засыпки порошка, мм.



Конусная матрица

Высота засыпки порошка  $h_3$  определяется из следующих соотношений:

а) навеска порошка

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

где  $m$  - масса навески порошка, г;

$V$  - объем готового изделия,  $\text{см}^3$ ;

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

$v$  - 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;

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

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

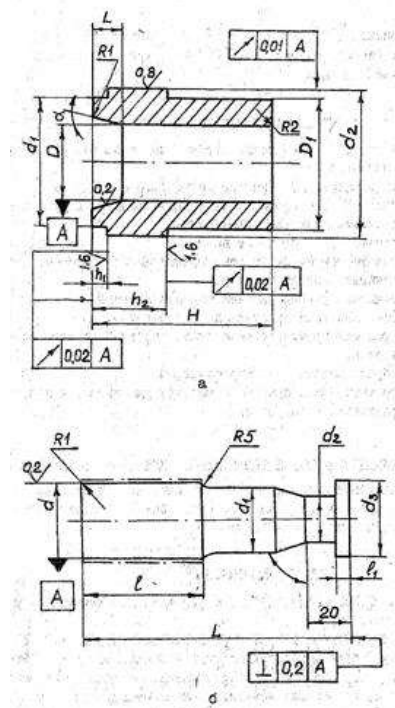


Схема матрицы и стержня

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.

#### **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:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

### **Тема 2.3 Метизное производство**

#### **Практическая работа №11**

##### **Расчет маршрута и усилия волочения**

**Цель работы:** изучить методику определения основных параметров при расчете маршрута и 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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

#### **Задание:**

- 1 Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
- 2 Произвести расчет маршрута волочения по индивидуальным данным.
- 3 Произвести расчет усилия волочения по индивидуальным данным.
- 4 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 расчеты маршрута и 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 маршрута и усилия 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 Произвести расчет усилия волочения по формуле Р.Б. Красильщикова.
- 6 Произвести расчет усилия волочения по формуле И.Л. Перлина.
- 7 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%.  $\delta_{\text{сум}} = 0,98$  - 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 холодотянутой 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

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

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,  $\text{мм}^2$

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

$F_k$  – площадь поперечного сечения готовой сварочной проволоки,  $\text{мм}^2$

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

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

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

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:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.3 Метизное производство**

### **Практическое занятие №12**

#### **Расчет мощности двигателя волочильных машин**

**Цель работы:** изучить методику расчета мощности двигателя волочильных машин.

## 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:

Учебно-методическая документация, дидактические средства.

## 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  $\eta$  - 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

$$n_{\text{э.д.}} = n_p \cdot u_{\text{д}},$$

где  $u_{\text{д}}$  – ориентировочное передаточное число, мм.

$$u_{\text{д}} = u_{\text{кз}} \cdot u_{\text{зм}},$$

где  $u_{\text{кз}}$  – ориентировочное передаточное число косозубой цилиндрической передачи;

$u_{\text{зм}}$  – 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 волочильного агрегата. Отчет предоставить в письменном виде.

### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.3 Метизное производство**

### **Практическое занятие №13**

#### **Волочильный стан. Виртуальный учебный стенд**

#### **Цель работы:**

#### **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:**

Тренажер-эмулятор "Волочильный стан"

**Задание:**

1 Изучить состав оборудования волочильного однократного стана

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Изучить правила техники безопасности при работе на волочильном стане.
- 2 Ознакомиться с конструкцией лабораторного волочильного стана ВС- 350/1.
- 3 Сделать записи в рабочую тетрадь.

**Ход работы:**

- 1 Лабораторный волочильный стан предназначен для лабораторных и научно – исследовательских работ.
- 2 Управление станом производится с пульта управления.
- 3 Все кнопки на пульте управления подписаны.
- 3 Стан включается с помощью ключа – бирки.
- 4 Бунт с исходной проволокой помещается на разматывающей фигурке.
- 5 Конец проволоки перед заправкой заостряется на острильном станке.
- 6 Сама проволока пропускается через направляющие ролики.
- 7 Через мыльницу проволока попадает в волоку. Где и изменяется ее поперечное сечение.
- 8 Готовая проволока наматывается на тянущий барабан.

**Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

**Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 2.3 Метизное производство****Практическое занятие №14**

Изучение технологического процесса волочения проволоки на лабораторном волочильном стане

**Цель работы:** изучить устройство и принцип работы волочильного однократного стана

**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:**

Тренажер-эмулятор "Волоочильный стан"

**Задание:**

1 Изучить принцип работы волочильного однократного стана

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Изучить правила техники безопасности при работе на волочильном стане.
- 2 Ознакомиться с принципом работы лабораторного волочильного стана ВС- 350/1.
- 3 Сделать записи в рабочую тетрадь.

**Ход работы:**

- 1 Управление прокатным станом осуществляется с пульта управления.
- 2 Все кнопки подписаны.
- 3 Стан включается с помощью ключа – бирки.
- 4 После того как волочильный стан заправлен проверить все ли устройства в безопасности и приведены в рабочее состояние.
- 5 Теперь приступите к процессу волочения.
- 6 Для сбора информации о процессе волочения необходимо нажать кнопку «Новая запись».

**Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

**Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 2.4 Производство гнутых профилей****Практическая работа №15**

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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:**

- 1 Изучить методику расчета калибровки валков для производства гофрированных профилей.
- 2 Выполнить конспект в рабочей тетради.

### Порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с методикой расчета калибровки для производства гофрированных профилей..

2 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.

По сортаменту готовой продукции профилегибочные агрегаты можно классифицировать по двум группам — общего назначения и специальные. Агрегаты общего назначения являются универсальными и предназначены для производства гнутых профилей широкого сортамента. Как правило, такие профилегибочные агрегаты устанавливаются на предприятиях черной металлургии.

На агрегатах специального назначения изготавливаются профили одного типа, часто являющиеся готовыми деталями конструкций, машин, и сооружений. Такие агрегаты устанавливаются в основном на машиностроительных и других неметаллургических предприятиях и служат для удовлетворения их потребности в гнутых профилях. Подобным образом организовано производство гнутых профилей на всех автомобильных заводах, на ряде предприятий транспортного машиностроения, энергетического и промышленного строительства. Агрегаты специального назначения имеют в своем составе машины и механизмы для перфорации, продольной сварки кромок профилей замкнутого контура, продольной гибки, резки, штамповки, покраски и т. п. Специализированные профилегибочные агрегаты для изготовления перфорированных, сварных замкнутых профилей, профилей с периодическими гофрами в ряде случаев целесообразно эксплуатировать и в условиях металлургического предприятия. Благодаря узкой специализации, большим размерам партий профилей, небольшим затратам времени на перестройку и переналадку агрегаты специального назначения имеют достаточно высокую производительность.

Непрерывный процесс профилирования является наиболее прогрессивным и совершенным с точки зрения обеспечения высокого качества готовых профилей. Его особенность состоит в том, что поступающие для профилирования рулоны исходной заготовки соединяются своими концами стыковой сваркой в начале технологической линии. Тем самым обеспечиваются бесконечность заготовки и непрерывность всего процесса. Непрерывность процесса определяет следующие его преимущества: высокую производительность; стабильность скоростного режима профилирования и настройки валков; возможность применения для формовки профилей увеличенных углов подгибки, что сокращает количество технологических переходов профилирования и число формирующих клеток; повышенную точность готовых профилей; возможность достижения максимальных скоростей профилирования; меньший, чем при поштучном профилировании, износ рабочих калибров; оптимальные условия для перфорации, продольной сварки, нанесения защитных покрытий и других дополнительных операций по приданию готовым профилям специальных служебных свойств.

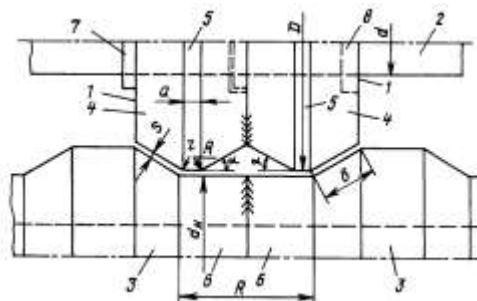


Схема калибровки гнутых профилей

3 Вычертить схемы калибровок валков в рабочей тетради.

4.Подготовить защиту практической работы.

**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:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

**Тема 2.4 Производство гнутых профилей**

**Практическая работа №16**

**Расчет формирования швеллера при гибке**

**Цель работы:** освоить алгоритм 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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**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.

По ГОСТ 8240—89 выпускаются швеллеры высотой  $Я = 50—600$  мм (№ 5— 60), шириной полки  $B$  от 32 до 190 мм, толщиной полки  $t$  от 7,0 до 17,8 мм и толщиной стенки  $d$  от 4,5 до 12 мм. Обыкновенные швеллеры серии У и специальные серии С (отличающиеся от первых большими

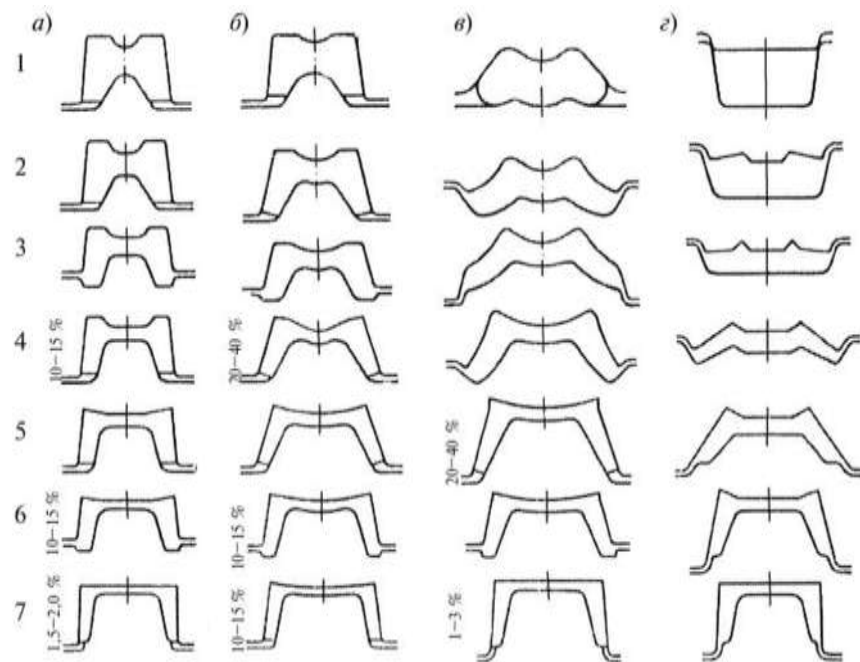


толщинами полки и стенки) выпускаются с уклонами по внутренним граням полки (рис. 14.32). Швеллеры серии П (параллельные), Э (экономичные) и Л (легкие) имеют параллельные грани полок. Швеллеры серии Э в отличие от серии П имеют более тонкую стенку  $\delta$  (от 4,4 до 8,0 мм), швеллеры легкой серии Л — более тонкую стенку и полки и укороченные размеры полки. Для товарной продукции обозначают тип и размеры швеллера, например № 20У, 14Л или 14С. Допуски на размеры элементов швеллера: по высоте Я: при  $Я < 80$  мм  $\pm 1,5$  мм; при  $81 < Я < 200$  мм  $\pm 2,0$  мм; по ширине В: при  $В < 40$  мм  $\pm 1,5$  мм; при  $41 < В < 90$  мм  $\pm 2,0$  мм; по толщине полки  $z$ : при  $Г < 10$  мм  $\pm 0,5$  мм; при  $z > 11$  мм  $\pm 0,5$  мм; по толщине стенки  $\delta$ : при  $5 < \delta < 5,1$  мм  $\pm 0,5$  мм; при  $\delta > 6,0$  мм  $\pm 0,7$  мм.

ГОСТом оговариваются перекося полки на длине 1 м, прогиб стенки (до 0,5—1,5 мм), общая кривизна и т. д. Длина выпускаемого проката — в пределах 2—12 м. Швеллеры изготовляют в основном из углеродистой стали обыкновенного качества и низколегированных сталей.

Швеллер производится на тех же станах, что и двутавровая балка, т. е. на последовательных, линейных и универсальных специализированных. Существует несколько способов прокатки швеллера на линейных и последовательных станах. В балочном способе используется общность конфигурации балки и швеллера. Можно построить универсальную калибровку, в которой три-четыре черновые клетки являются общими для прокатки балок и швеллеров (и других профилей), при этом сокращается парк валков, снижается число перевалок и время на настройку стана.

Швеллерные калибры, в отличие от балочных, имеют разъемы только с одной стороны, поэтому закрытый фланец по ходу прокатки должен постепенно сокращаться. Наличие его, с одной стороны, требует дополнительного расхода энергии, связано с большой неравномерностью деформации по сечению и кажется бесполезным. С другой стороны, ложный (закрытый) фланец необходим, чтобы сохранить температуру металла более равномерной по сечению профиля. Особенно это важно для правильного выполнения угла швеллера в месте сочленения полки и стенки.



Способы прокатки швеллера

Для контроля ширины полок применяют контрольные калибры. Предпоследний калибр обязательно должен быть контрольным. По конструкции калибра видно, что путем изменения зазора между валками можно регулировать ширину полок. Контрольных калибров по ходу прокатки может быть два.

Балочный метод прокатки — самый старый и даже на старых линейных станах применяется редко. Основной недостаток связан с тем, что деформация полок осуществляется боковым обжатием и протекает неинтенсивно, поэтому требуется большое количество калибров. Чтобы увеличить обжатие полок, применяют прокатку с увеличенным выпуском. При этом стенка готового профиля (чистового калибра) может быть как изогнутой, так и прямой. В первом случае стенка и полки стыкуются под прямым углом, и на правильной машине после прокатки выправляется стенка профиля. На отечественных заводах такая калибровка наиболее распространена. Во втором случае правке подвергаются полки.

Еще интенсивнее деформируются полки по калибровке с развернутыми полками. При такой прокатке также сокращается расход энергии на формообразование, снижается неравномерность деформации и износ валков, обеспечивается более равномерная температура по сечению профиля. Однако, несмотря на очевидные преимущества данной калибровки, она не получила широкого распространения. Полоса в таких калибрах менее устойчива, условия захвата в калибрах затруднены, переход от развернутых к прямополочным калибрам требует сложной арматуры. Развернутые калибры занимают большое место на валках, поэтому не всегда размещаются на валках. При резком переходе от развернутых к прямополочным калибрам могут появиться морщины на полках профиля.

По калибровке профиля, в которой несколько первых закрытых калибров выполнены по полосовому принципу, обеспечивается самая высокая степень обжатия, хорошая равномерность деформации по сечению, невысокий врез ручьев в валки, малый износ калибров. При прокатке мелких швеллеров полосовые калибры применяют практически до предчистового контрольного калибра и разгибание производят только в чистовом калибре. С увеличением размеров профиля требуется несколько калибров с прямыми полками, в которых происходит более плавное разгибание полок. Однако на крупных швеллерах разгибание полок даже в нескольких калибрах протекает трудно. Требуется сложная и точно настраиваемая арматура, не исключены риски на полках от буртов валков, размеры профиля неустойчивы.

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 полок  $B$ . Высота швеллера  $H$  в миллиметрах **200**. Ширина полок швеллера  $B$  в миллиметрах **80**. Толщина стенки и полок  $S$  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  $U1$  в миллиметрах рассчитываем

$$U1=L-a$$

Расстояние для установки упора №2 от оси матрицы  $U2$  в миллиметрах рассчитываем

$$U2=H-S-R+3.14/4*(S/\ln(1+S/R))$$

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:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

**Тема 2.4 Производство гнутых профилей**

**Практическая работа №17**

**Виртуальный учебный комплекс «Листогибочный стан»**

**Цель работы:** исследование процессов настройки и наладки гидравлического оборудования листогибочного прессы.

**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:**

Тренажер "Листогибочный стан"

**Задание:**

- 1 Изучить 3Д модель – симулятор гидравлического листогибочного прессы.
- 2 Изучить панель управления гидравлическим прессом.
- 3 Изучить аварийную сигнализацию.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Запустить тренажер- имитатор.
- 2 Запросить сессию USB – ключом для активации.
- 3 Загрузить программу.
- 4 Ввести логин и пароль.
- 5 Начать обучение.

**Ход работы:**

- 1 Укажите где находится:
  - «часть верхней балки»;
  - «держатель»;
  - «часть фильтра»;
  - «лазерная система безопасности»;

- «наземные плиты»;
- «пульт ЧПУ»;
- «опорные кронштейны»;
- «кнопка аварийной остановки».

**Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

**Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 2.6 Организация контроля в прокатных цехах**

**Практическая работа № 18**

Техническая документация

**Цель:** Обобщить, систематизировать и углубить полученные теоретические знания по теме: Организация контроля в прокатных цехах.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

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

**Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**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.

**Ход работы:**

- 1 Ознакомиться с методическим указанием к практической работе.
- 2 Разобрать виды технической документации по наглядным пособиям.

Техническая документация - это документация, которая используется при проектировании, изготовлении и эксплуатации каких-либо технических объектов: зданий, сооружений, промышленных товаров, программного и аппаратного обеспечения.

Техническую документацию разделяют на несколько видов:

- конструкторская документация
- эксплуатационная документация
- ремонтная документация
- технологическая документация
- документы, определяющие технологический цикл изделия
- документы, дающие информацию, необходимую для организации производства и

ремонта изделия

Технической документацией также может называться технические условия, технический паспорт, техническое руководство или техническая литература.

Кроме того существуют более узко применимые документы, устанавливающие специфические требования. К таким можно отнести паспорта безопасности, расчет калорийности и некоторые другие.

Техническая документация наглядно демонстрирует и позволяет проследить правильность хода процесса, своевременно выявить отклонения или сбои и предупредить выпуск некачественной продукции или выполнение услуг. Также техническая документация необходима при оформлении договоров, сертификатов соответствия и при прохождении инспекционных проверок в компании надзорными органами.

В производстве продукции существуют следующие виды технической документации – спецификация, паспорт качества, технические условия (ТУ), которые необходимо зарегистрировать в надзорных органах

Опытные эксперты Российского Сертификационного Центра осуществляют разработку технической документации строго в соответствии с требованиями действующих нормативных документов: Технических регламентов Таможенного Союза, ГОСТ 2 "Единая система конструкторской документации", Стандартов международной организации по стандартизации (ISO), Внутренних стандартов клиента

Нормативно-техническая документация – совокупность материалов и документов, обеспечивающих качество производимой продукции, а также ее соответствие всем утвержденным требованиям безопасности, условиям эксплуатации, хранения и транспортировки. Одним словом нормативно-техническая документация – это своего рода стандарт предприятия, в соответствии с которым осуществляется весь производственный процесс. В наше время разработка нормативно-технической документации на производство позволяет предприятиям оптимизировать осуществляемые работы и привести их в соответствии со всеми требованиями законодательства Российской Федерации. Нормативно-техническая документация – это полный комплект документов, позволяющий без лишних финансовых потерь и затрат дополнительных ресурсов, производить качественную и безопасную продукцию, соответствующую всем нормативам и государственным стандартам.

Технические условия – документ, разрабатываемый предприятием для производства какого-либо вида продукции в том случае, если для данной продукции законодательством Российской Федерации еще не установлены обязательные требования по изготовлению, или требуется дополнить соответствующий ГОСТ, применяемый к данной категории товаров. Технические условия являются неотъемлемой частью конструкторской документации.

Технологической инструкцией называется вид нормативно-технической производственной документации, разрабатываемой предприятием для производства какой-либо продукции. Содержит в себе информацию о технологических процессах производства и о выпуске товаров непосредственно на потребительский рынок страны. Разработка данного документа осуществляется для одного конкретного вида изделий или группы идентичных изделий в соответствии с

требованиями ГОСТ № 34, определяющего основные этапы по разработке и конечному результату изготовленной продукции.

3 Переписать нужный материал в рабочую тетрадь.

**Форма представления результата:** Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы. Выводы предоставить в устной форме

**Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

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

### **Практическая работа №19**

#### **Расчёт режима обжатий на одноклетевых станах горячей прокатки**

**Цель работы:** Освоить методику расчета режимов обжатий на толстолистовых станах (одно-двухклетевых).

**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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**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
- 18.

#### 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.

#### Ход работы:

Расчёт режима обжатий производится по методу распределения коэффициентов деформации по клетям для листа  $h=15$  мм,  $b=1500$  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;

$\gamma$  - удельный вес.

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

$$G_{л} = 1,51 \text{ т.}$$

Определяется вес заготовки:

$$G_3 = G_{л} \cdot k_{\phi} \cdot k;$$

где  $k_{\phi} = 1,12 \div 1,45$ ;

$k$  - 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:

$$l_0 = \frac{G_3}{F \cdot \gamma};$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения заготовки.

$$l_0 = \frac{1,81}{0,18 \cdot 0,78 \cdot 7,85};$$

$$l_0 = 1,6 \text{ м.}$$

Ширина готового раската:

$$b_p = b_{л} + 2\Delta b_{обр};$$

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.

$$\lambda_{\text{общ}} = \frac{h_p}{h_n};$$

$$\lambda_{\text{общ}} = \frac{90}{15};$$

$$\lambda_{\text{общ}} = 5,6.$$

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

$$\lambda_{\text{ср}} = 1,1 \div 1,3;$$

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

$$n = 15$$

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:

$$\Delta h_{\text{ср}} = \frac{\Delta h_{\Sigma}}{n};$$

$$\Delta h_{\text{ср}} = \frac{74}{16};$$

$$\Delta h_{\text{ср}} = 4,6 \text{ мм.}$$

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



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

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

$$\Delta h_{16} = 0,8 \text{ мм}.$$

$$\Delta h_{\Sigma 60} = \Delta h_3 + \Delta h_4 + \dots + \Delta h_{14} ;$$

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:

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
\xi_3 &= 11,1\%; \\
\xi_4 &= \frac{9,5}{80,0} \cdot 100\%; \\
\xi_4 &= 11,9\%; \\
\xi_5 &= \frac{7,5}{80,0} \cdot 100\%; \\
\xi_5 &= 11,3\%; \\
\xi_6 &= \frac{7,5}{62,5} \cdot 100\%; \\
\xi_6 &= 12,0\%; \\
\xi_7 &= \frac{6,2}{55,0} \cdot 100\%; \\
\xi_7 &= 11,3\%; \\
\xi_8 &= \frac{6,3}{48,5} \cdot 100\%; \\
\xi_8 &= 12,9\%; \\
\xi_9 &= \frac{5,5}{42,5} \cdot 100\%; \\
\xi_9 &= 13,0\%; \\
\xi_{10} &= \frac{5,0}{37,0} \cdot 100\%; \\
\xi_{10} &= 13,5\%; \\
\xi_{11} &= \frac{4,5}{32,0} \cdot 100\%; \\
\xi_{11} &= 14,1\%; \\
\xi_{12} &= \frac{4,0}{27,5} \cdot 100\%; \\
\xi_{12} &= 14,5\%; \\
\xi_{13} &= \frac{2,5}{23,5} \cdot 100\%; \\
\xi_{13} &= 10,6\%; \\
\xi_{14} &= \frac{2,2}{21,0} \cdot 100\%; \\
\xi_{14} &= 10,5\%; \\
\xi_{15} &= \frac{2,0}{18,8} \cdot 100\%; \\
\xi_{15} &= 10,6\%; \\
\xi_{16} &= \frac{0,8}{16,8} \cdot 100\%; \\
\xi_{16} &= 4,8\%;
\end{aligned}$$

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

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

$$l_3 = 1755 \text{ мм};$$

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

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

$$l_4 = 1983,2 \text{ мм};$$

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

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

$$l_5 = 2241 \text{ мм};$$

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

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

$$l_6 = 2554,7 \text{ мм};$$

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

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

$$l_7 = 2886,8 \text{ мм};$$

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

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

$$l_8 = 3319,8 \text{ мм};$$

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

$$l_9 = 3319,8 \cdot 1,15;$$

$$l_9 = 3817,8 \text{ мм};$$

$$l_{10} = l_9 \cdot \lambda_{10};$$

$$l_{10} = 3817,8 \cdot 1,16;$$

$$l_{10} = 4428,6 \text{ мм};$$

$$l_{11} = l_{10} \cdot \lambda_{11};$$

$$l_{11}=4428,6 \cdot 1,16;$$

$$l_{11}=5137,2 \text{ мм};$$

$$l_{12}=l_{11} \cdot \lambda_{12};$$

$$l_{12}=5137,2 \cdot 1,17;$$

$$l_{12}=6010,5 \text{ мм};$$

$$l_{13}=l_{12} \cdot \lambda_{13};$$

$$l_{13}=6010,5 \cdot 1,12;$$

$$l_{13}=6731,8 \text{ мм};$$

$$l_{14}=l_{13} \cdot \lambda_{14};$$

$$l_{14}=6731,8 \cdot 1,12;$$

$$l_{14}=7539,6 \text{ мм};$$

$$l_{15}=l_{14} \cdot \lambda_{15};$$

$$l_{15}=7539,6 \cdot 1,14;$$

$$l_{15}=8595,1 \text{ мм};$$

$$l_{16}=l_{15} \cdot \lambda_{16};$$

$$l_{16}=8595,1 \cdot 1,05;$$

$$l_{16}=9024,9 \text{ мм}.$$

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

$$\Delta h_{\Sigma} = h_0 - h_1;$$

$$\Delta h_{\Sigma} = 180 - 16;$$

$$\Delta h_{\Sigma} = 164 \text{ мм};$$

$$\Delta h_{\Sigma_{\text{дво}}} = 164 \cdot 0,8;$$

$$\Delta h_{\Sigma_{\text{дво}}} = 131,2 \text{ мм};$$

$$\Delta h_{\Sigma_{\text{мрво}}} = 164 \cdot 0,2;$$

$$\Delta h_{\Sigma_{\text{мрво}}} = 32,8 \text{ мм}.$$

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 представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет режима обжатий. Отчет предоставить в письменном виде.

### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

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

### **Практическое занятие № 20**

Расчёт часовой производительности одноклетевых станов горячей прокатки.

**Цель работы:** освоить методику определения часовой производительности толстолистового стана и построения графика 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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

#### **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.

### Ход работы:

На одноклетьевом прокатывается лист 15x1500x8000 мм из сляба 180x780 мм, весом  $G=1,81$  т. Стан состоит из двух последовательно установленных рабочих клетей, черновой «Дуо», реверсивной с диаметром прокатных валков  $D_1=850$  мм, длинной бочки  $L_1=2350$  мм, и чистовой «Трио» Лаута с диаметром прокатных валков  $D_2=850$  мм, длинной бочки  $L_2=2350$  мм. На стане прокатывается толстолистовая сталь 20пс, размером 16x1500 мм, из сляба массой 1,81т, число проходов сляба в прокатных валках черновой клетки  $n_1=7$ , чистовой  $n_2=9$ . 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 клетки

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

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

$$\tau'_2 = 37 \text{ с};$$

в чистовой клетки

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

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

$$\tau''_2 = 46 \text{ с};$$

Ритм прокатки в черновой клетки:

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

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 клетки

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

$$\tau''_p = 80,1 \text{ с}.$$

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

Технически возможная производительность почасовая стана по годному:

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

где  $k_u$  - коэффициент использования фактического времени работы стана;

$\alpha$  - коэффициент выхода годного проката;

G - масса заготовки;

$T_p$  - ритм прокатки.

$$A_z = 83, \frac{3600 \cdot 1,81 \cdot 0,84 \cdot 0,85}{80,1};$$
$$A_z = 58,1 \text{T/ч}.$$

### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет часовой производительности. Отчет предоставить в письменном виде.

### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

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

### **Практическое занятие № 21**

#### **Расчет режима обжати на двухклетевых станах горячей прокатки**

**Цель работы:** освоить методику расчета режимов обжати на толстолистовых станах (двухклетевых).

#### **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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства



### 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 |                     |

### 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.

### Ход работы:

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:

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

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 17x2020 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  $[\sigma_{изг}] = 80$  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:

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

$$\frac{1}{\eta_{таб}} = 2,2$$

где  $H$  - начальная толщина заготовки;

$h_k$  - конечная толщина в поперечном направлении.

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

$$h_k = \frac{H}{\eta_{таб}},$$

$$h_k = 186 \text{ мм}.$$

Общее обжатие при этом составит

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

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

После этого раскат поворачивается на  $90^\circ$  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

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

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

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

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

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

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 допустимый износ валков равным 10%, то расчетный диаметр рабочих валков составит

$$D_{\text{расч}} = 0,9 \cdot D,$$

$$D_{\text{расч}} = 900 \text{ мм}.$$

Найдем окружную скорость валков по формуле:

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

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

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

где  $\Delta b$  - уширение полосы;

при  $b_0 \leq R_{\alpha}$ ,  $n = 1$ ;

при  $b_0 \geq R_{\alpha}$ ,  $n = 2$ .

$$R_{\alpha} = 120 \text{ мм}.$$

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 прокатки 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,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_0$  - температура в предыдущем проходе,  $^\circ\text{C}$ ;

$h$  - 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;

$\lambda_{\Sigma}$  – суммарная вытяжка;

$\lambda_c$  – средняя вытяжка.

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

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

#### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет режима обжатий. Отчет предоставить в письменном виде.

#### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

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

#### **Практическая работа №22**

Расчёт часовой производительности двухклетевых станом горячей прокатки.

**Цель работы:** освоить методику определения часовой производительность двухклетьевого стана и построения графика 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:**Учебно-методическая документация, дидактические средства**Задание:** выполнить расчет часовой производительности по следующим данным

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

**Ход работы:**

На двухклетевом стане прокатывается лист 15x1500x8000 мм из сляба 180x780 мм, весом  $G=1,81$  т. Стан состоит из двух последовательно установленных рабочих клетей, 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 16x1500 мм, из сляба массой 1,81т, число проходов сляба в прокатных валках черновой клети  $p_1=7$ , чистовой  $p_2=9$ . Суммарное машинное время прокатки сляба в черновой и чистой клетях составляет соответственно  $\sum \tau'_{м} = 35$  с;  $\sum \tau''_{м} = 34,1$  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 чистой 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  $N_e = 52$  суток/год. Коэффициент использования фактического времени работы стана  $k = 0,85$ .

Суммарная продолжительность пауз при прокатке сляба:  
в черновой клетки

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

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

$$\tau'_2 = 37 \text{ с};$$

в чистой клетки

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

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

$$\tau''_2 = 46 \text{ с};$$

Ритм прокатки в черновой клетки:

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

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 чистой клетки

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

$$\tau''_p = 80,1 \text{ с}.$$

Производительность стана рассчитываем по черновой клетки, в которой ритм прокатки больше, чем ритм в чистой клетки.

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;

$\alpha$  - коэффициент выхода годного проката;

$G$  - масса заготовки;

$T_p$  - ритм прокатки.

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

$$A_z = 58,1 T/ч.$$

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет часовой производительности. Отчет предоставить в письменном виде.

### Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## Тема 2.8 Производство горячекатаного металла на полунепрерывном широкополосном стане 2500 ПАО «ММК»

### Практическая работа №23

#### Расчет режима обжатий на полунепрерывном стане горячей прокатки

**Цель работы:** освоить методику расчета режима обжатий на ПНШПС и построение графиков определения толщины полосы в черновой и чистовой клети.

### **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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:** рассчитать режим обжатий по индивидуальным данным

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 окатиноломателе 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 окатиноломателе  $E_0=9,5\%$ , 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 клети равно:

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

$$E_0 = (37,75 / 226,25) \cdot 100 = 16,7\%$$

Первая универсальная черновая клетка. Принимаем величину относительных обжатий в универсальной клети 28,5%, в последней 40%. Строим график значений относительной деформации, чтобы определить ее для остальных универсальных клеток.

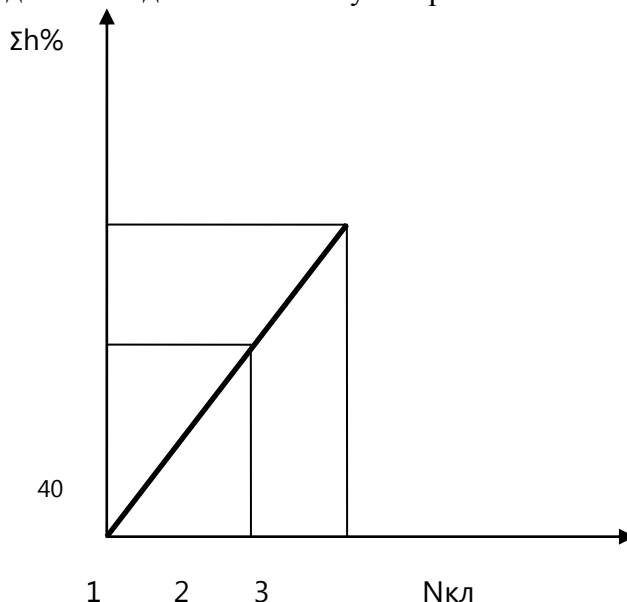


График значений относительной деформации по проходам (клетям) при прокатке на черновой группе клеток стана «2500»

Черновая группа клеток

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

$$\Delta h = 28,5 \cdot 250 / 100 = 71,25 \text{ мм,}$$

а толщина входящей полосы:

$$h = H - \Delta h$$

$$h = 188,5 - 37,75 = 150,75 \text{ мм}$$

Вторая универсальная клетка. Согласно графику относительная деформация для этой клетки  $E_0 = 35\%$

$$\Delta h = 35 \cdot 150,75 / 100 = 52,8 \text{ мм,}$$

а толщина выходящей полосы:

$$h = 150,75 - 52,8 = 97,5 \text{ мм}$$

Третья универсальная клетка. Согласно графику относительная деформация для этой клетки  $E_0 = 40\%$

$$\Delta h = 40 \cdot 97,5 / 100 = 39 \text{ мм,}$$

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:

$$\eta_{cp} = \sqrt[3]{\bar{E}}$$

$$\eta_{cp} = \sqrt[3]{5,1} = 1,26$$

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

$$E_{0cp} = (\Delta h_1 / H_1) \cdot 100$$

$$E_{0cp} = (8/38,5) \cdot 100 = 20,8\%$$

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

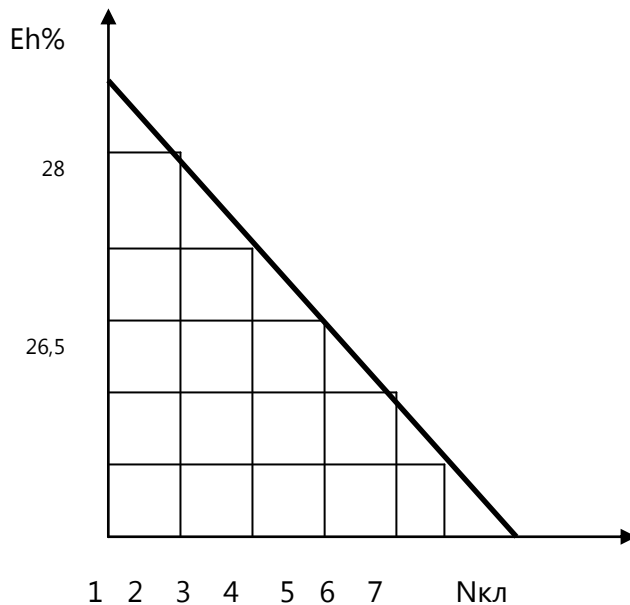


График для значений относительной деформации по клетям чистовой группы стана 2500

$$E_1 = 28\%;$$

$$\Delta h_1 = 0,28 \cdot 38,5 = 10,8 \text{ мм};$$

$$h_1 = 38,5 - 10,8 = 27,7 \text{ мм}$$

$$E_2 = 26,5\%;$$

$$\Delta h_2 = 0,265 \cdot 27,7 = 7,3 \text{ мм};$$

$$h_2 = 27,7 - 7,3 = 20,4 \text{ мм}$$

$$E_3 = 25\%;$$

$$\begin{aligned} \Delta h_3 &= 0,25 * 20,4 = 5,1 \text{ мм}; \\ h_3 &= 20,4 - 5,1 = 15,3 \text{ мм} \\ E_4 &= 23,5\%; \\ \Delta h_4 &= 0,235 * 15,3 = 3,6 \text{ мм}; \\ h_4 &= 15,3 - 3,6 = 11,7 \text{ мм} \\ E_5 &= 22\%; \\ \Delta h_5 &= 0,22 * 11,7 = 2,6 \text{ мм}; \\ h_5 &= 11,7 - 2,6 = 9,1 \text{ мм} \\ E_6 &= 20,5\%; \\ \Delta h_6 &= 0,205 * 9,1 = 1,9 \text{ мм}; \\ h_6 &= 9,1 - 1,9 = 7,2 \text{ мм}. \\ \Delta h_7 &= 0,17 * 7,2 = 1,2 \text{ мм}; \\ h_7 &= 7,2 - 1,2 = 6 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Из 7 клетки выдается готовый профиль толщиной  $h_7 = 7,5$  мм.

Следовательно:

$$\Delta h_7 = 7,5 - 6 = 1,5 \text{ мм}$$

#### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет режима обжатий. Отчет предоставить в письменном виде.

#### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

### **Тема 2.8 Производство горячекатаного металла на полунепрерывном широкополосном стане 2500 ПАО «ММК»**

#### **Практическая работа № 24,25**

Расчет часовой производительности стана 2500. Построение графика прокатки полунепрерывного стана

Цель работы: освоить методику определения часовой производительности на стане 2500 и построение графика прокатки.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

#### **Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:**

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 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 А т/ч, определяется по формуле:

$$A_u = \frac{3600 \cdot G}{T_p}$$

где  $G$  - масса заготовки;  
 $T$  - ритм прокатки.

Для определения режима прокатки  $\dot{O}$ , необходимо найти ( $t_m$ ) максимальное время и время паузы  $t_i$ , с.

$$t_m = \frac{l}{V}$$

где  $l$  - длина металла после прохода, м/с;  
 $V$  - скорость прокатки, м/с.

$$\lambda = \frac{h_0}{h_1}$$

$$\lambda_1 = \frac{250}{226,25} = 1,1$$

$$\lambda_2 = \frac{226,25}{188,5} = 1,2$$

$$\lambda_3 = \frac{188,5}{150,75} = 1,2$$

$$\lambda_4 = \frac{150,75}{97,5} = 1,5$$

$$l_1 = \lambda \cdot l_0$$

$$l_1 = 1,1 \cdot 5 = 5,5 \text{ м}$$

$$l_2 = 1,2 \cdot 5,5 = 6,6 \text{ м}$$

$$l_3 = 1,2 \cdot 6,6 = 7,92 \text{ м}$$

$$l_4 = 1,5 \cdot 7,92 = 11,88 \text{ м}$$

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  $t_i$  для каждого прохода по формуле:

$$t_n = \frac{l}{V}$$

где  $l$  - расстояние между клетями, м;

$$t_{n1} = 34 / 1 = 34 \text{ с}$$

$$t_{n2} = 21,2 / 1,25 = 16,96 \text{ с}$$

$$t_{n3} = 26 / 1,5 = 17,3 \text{ с}$$

$$t_{i3} = 34,3 / 1,5 = 22,8 \text{ с}$$

$$\Sigma t_n = 34 + 16,96 + 17,3 + 22,8 = 91,06 \text{ с}$$

Теперь нахожу режим прокатки  $T$  для черновой группы:

$$T_{черн} = \Sigma t_m + \Sigma t_n$$

$$T_{черн} = 23,98 + 91,06 = 115,04 \text{ с}$$

Рассчитываю время паузы  $t_i$  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 чистой 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;

$$G = 0,25 \cdot 1,5 \cdot 5 \cdot 7,85 = 14,7 \text{ т}$$

$$A_{\text{ч}} = \frac{3600 \cdot 14,7}{115,04} = 460 \text{ т/ч}$$

#### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет часовой производительности и графи прокатки. Отчет предоставить в письменном виде.

#### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

### **Тема 2.9 Прокатка тонколистовой горячекатаной стали на непрерывном широкополосном стане 2000 ПАО «ММК»**

#### **Практическая работа № 26**

#### **Расчет режима обжатий на непрерывном стане 2000 ПАО «ММК»**

**Цель работы:** освоить методику распределения режима обжатий по клетям стана 2000, построение графиков определения толщины в черновой и чистой клетях.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации.

### Материальное обеспечение:

Учебно-методическая документация, дидактические средства

### Задание:

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 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 окатиноломатель. По практическим данным в черновом окатиноломателе  $\xi=9,5\%$ , что дает обжатие:

$$\Delta h = \zeta_h h_0 / 100$$

$$\Delta h = 9,5 * 250 / 100 = 23 \text{ мм}$$

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

$$\Delta h = \zeta_h h_0 / 100$$

$$\Delta h = 28,5 * 189 / 100 = 53 \text{ мм}$$

толщина выходящего раската

$$h = h_0 - \Delta h$$

$$h = 189 - 53 = 136 \text{ мм}$$

Зная крайние значения строим график

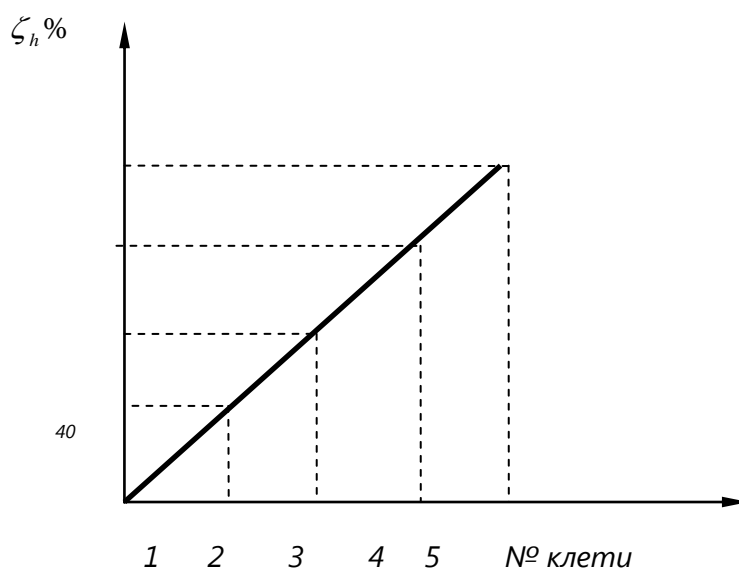


График значений относительной деформации по проходам (клетям) при прокатке на черновой группе клетей стана

$$\xi h_1 = 28,5\% \quad \xi h_2 = 31\% \quad \xi h_3 = 32\% \quad \xi h_4 = 32,5\% \quad \xi h_5 = 40\%$$

Вторая черновая клеть (кварто). Согласно графику  $\xi h_2 = 31\%$

$$\Delta h = \zeta_h h_0 / 100$$

$$\Delta h = 31 * 136 / 100 = 42 \text{ мм}$$

$$h = h_0 - \Delta h$$

$$64$$

$$h=136-42=94 \text{ мм}$$

Третья черновая универсальная клеть (кварто). Согласно графику  
 $\xi h_3=32\%$

$$\Delta h = \xi h_3 h_0 / 100$$

$$\Delta h = 32 * 94 / 100 = 30 \text{ мм}$$

$$h = 94 - 30 = 64 \text{ мм}$$

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

$$\eta_{об} = h_1 / h_7$$

$$\eta_{об} = 26,5 / 12,0 = 2,2$$

$$\eta_{ср} = \sqrt[3]{2,2}$$

$$\eta_{ср} = 1,1$$

тогда

$$h = h_1 / \eta_{ср}$$

$$h = 26,5 / 1,1 = 24 \text{ мм}$$

а обжатие:

$$\Delta h = 26,5 - 24 = 2,5 \text{ мм}$$

Из первой клетки будет выходить полоса  $h = 24$  мм, если  $\eta$  будет равен по всем клетям 1,1 мм и

$$\xi h_{ср} = \Delta h_1 / h_1 * 100$$

$$\xi h_{ср} = 2,5 / 24 * 100 = 10 \%$$

Исходя из практических данных работы стана  $\xi h_1 = 40\%$ , что больше  $\xi h_{ср}$  в 4 раза, следовательно  $\xi h_7$  должно быть во столько раз меньше, т.е.

$$\xi h_7 = \xi h_{ср} / 4$$

$$\xi h_7 = 24 / 4 = 6 \%$$

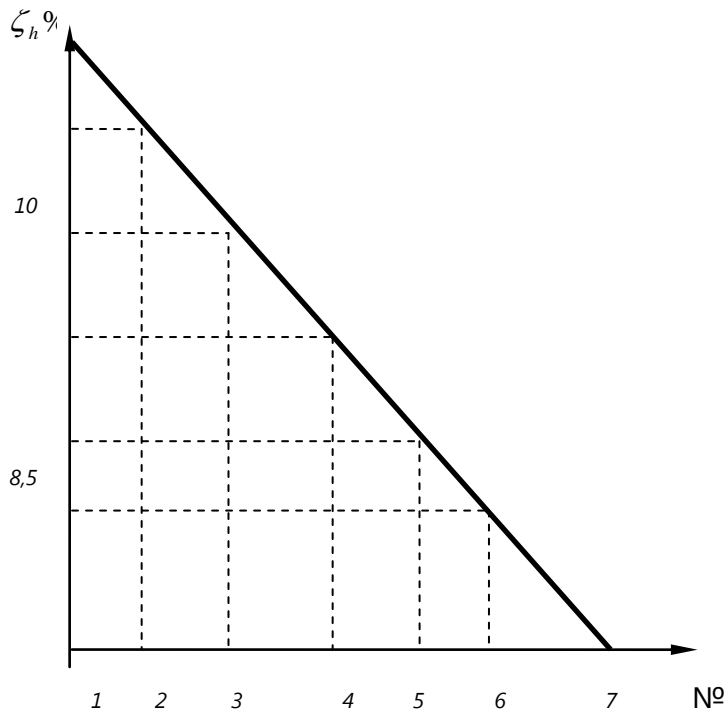


График для значений относительной деформации по клетям чистовой группы стана

$\xi_{h_1}=10\%$ ;  $\xi_{h_2}=8,5\%$ ;  $\xi_{h_3}=7,6\%$ ;  $\xi_{h_4}=7,0\%$ ;  $\xi_{h_5}=6,8\%$ ;  $\xi_{h_6}=6,2\%$ ;  $\xi_{h_7}=6\%$

$$\begin{aligned} \Delta h_1 &= 0,1 * 26,5 = 2,65 \text{ мм;} \\ h_1 &= 26,5 - 2,65 = 23,85 \text{ мм} \\ \Delta h_2 &= 0,085 * 23,85 = 2,02 \text{ мм;} \\ h_2 &= 23,85 - 2,02 = 21,83 \text{ мм} \\ \Delta h_3 &= 0,076 * 21,83 = 1,65 \text{ мм;} \\ h_3 &= 21,83 - 1,65 = 20,2 \text{ мм} \\ \Delta h_4 &= 0,07 * 20,02 = 1,4 \text{ мм;} \\ h_4 &= 20,02 - 1,4 = 18,8 \text{ мм} \\ \Delta h_5 &= 0,068 * 18,8 = 1,27 \text{ мм;} \\ h_5 &= 18,8 - 1,27 = 17,53 \text{ мм} \\ \Delta h_6 &= 0,062 * 17,53 = 1,09 \text{ мм;} \\ h_6 &= 17,53 - 1,09 = 16,44 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Из седьмой клетки должна выходить полоса  $h_7 = 12$  мм.

Следовательно:

$$\Delta h_7 = 16,44 - 12 = 14,4 \text{ мм}$$

#### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет режима обжатий. Отчет предоставить в письменном виде.

#### Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.9 Прокатка тонколистовой горячекатаной стали на непрерывном широкополосном стане 2000 ПАО «ММК»**

### **Практическая работа № 27**

**Расчет часовой производительности стана 2000 ПАО «ММК». Построение графика прокатки полунепрерывного стана**

**Цель работы:** освоить методику определения часовой производительности стана 2000 и построение графика часовой производительности.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации.

**Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:** рассчитать часовую производительность. Основываясь на данных из предыдущего расчета.

### **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<sub>u</sub> – коэффициент использования стана

Для определения режима прокатки T, необходимо найти (t<sub>м</sub>,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  $t_m, c$  для каждого прохода:

$$t_{m1} = 8,8 / 1 = 8,8 \text{ с}$$

$$t_{m2} = 10,56 / 1,25 = 8,44 \text{ с}$$

$$t_{m3} = 14,78 / 1,5 = 9,85 \text{ с}$$

$$t_{m4} = 21,4 / 1,5 = 14,26 \text{ с}$$

$$t_{m5} = 32 / 5 = 6,4 \text{ с}$$

$$\sum tm = tm_1 + tm_2 + \dots + tm_5$$

$$\sum tm = 8,8 + 8,84 + 9,85 + 14,26 + 6,4 = 48,15 \text{ с}$$

Определяем время паузы  $t_p, c$  для каждого прохода по формуле:

$$t = \frac{l}{v}$$

где  $L$  - расстояние между клетями

$$t_{п1} = 34 / 1 = 34 \text{ с}$$

$$t_{п2} = 21,2 / 1,25 = 16,96 \text{ с}$$

$$t_{п3} = 26 / 1,5 = 17,3 \text{ с}$$

$$t_{п4} = 34,3 / 1,5 = 22,8 \text{ с}$$

$$t_{п5} = 49,3 / 5 = 9,8 \text{ с}$$

$$\sum ti = 34 + 16,96 + 17,3 + 22,8 + 9,8 = 100,92 \text{ с}$$

Теперь находим ритм прокатки  $T, c$  для черновой группы:

$$T_{черн} = 48,15 + 100,92 = 149 \text{ с}$$

Рассчитываем время паузы  $t_p, c$  и машинное время  $t_m, c$  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:

$$tm = \frac{l}{v}$$

$$m = \frac{150}{5} = 30$$

$$T_{\text{чист}} = 15,5 + 30 = 45,6 \text{ с}$$

$$G = h * b * l * \gamma$$

$$G = 0,25 * 1,5 * 8 * 7,85 = 23,55 \text{ т}$$

Определим А:

$$A = \frac{3600 \cdot 23,55}{149} = 568,9 \text{ т}$$

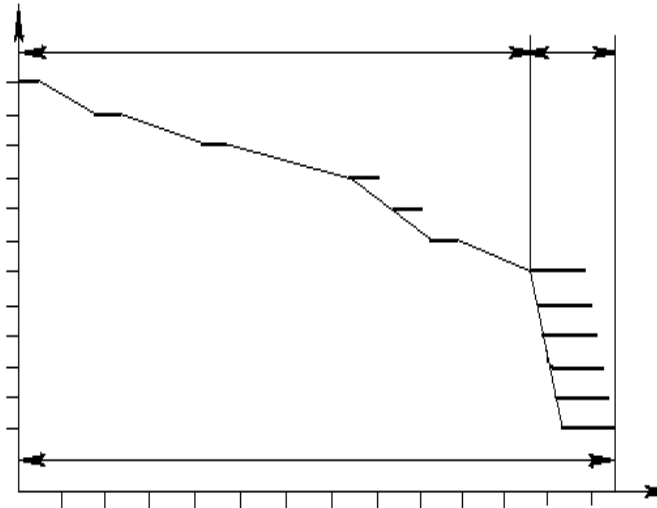


График прокатки

#### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет часовой производительности. Отчет предоставить в письменном виде.

#### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

### **Тема 2.9 Прокатка тонколистовой горячекатаной стали на непрерывном широкополосном стане 2000 ПАО «ММК»**

#### **Практическое занятие №28**

Тренажер – имитатор «Технология эксплуатации стана прокатки рулонной стали»

**Цель:** с помощью трехмерной графики и анимации реализовать процесс обучения технологии прокатки стальной полосы с небольшим обжатием и последующем растяжением

**Выполнив работу, Вы будете:**

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

**Материальное обеспечение:**

Виртуальный учебный комплекс «Тренажер-имитатор технологии эксплуатации стана прокатки рулонной стали».

**Задание:**

- 1 Изучить трехмерные модели участка линии горячего цинкования.
- 2 Изучить виртуальные пульта управления.
- 3 Изучить принцип работы оборудования непрерывного стана.
- 4 Провести проверку и оценку полученных знаний.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Запустить тренажер- имитатор.
- 2 Запросить сессию USB – ключом для активации.
- 3 Загрузить программу.
- 4 Ввести логин и пароль.
- 5 Начать обучение.

**Ход работы:**

- 1 запустить агрегат
  - моечная машина;
  - сушило;
  - параметры СОЖ;
  - подача СОЖ;
  - ролики;
  - подача воды.

**Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

**Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 2.12 Производство холоднокатаного металла****Практическая работа № 29****Расчет режима обжатий и натяжений при холодной прокатке**

**Цель работы:** освоить методику распределения обжатий по клетям стана 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:**Учебно-методическая документация, дидактические средства**Задание**

№ 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:**

1Строим диаграмму распределения обжатий по проходам;

2Определяем по диаграмме размеры прокатываемой полосы и суммарный расход энергии.

3Определяем 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:

$$N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 5600 \cdot 4 = 22400 \text{ кВт}$$

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 клеток:

$$C = 85 / 22400 = 0,003$$

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, отвечающие толщине подката, равной 5.5 мм. Пересечение каждой точки с кривой определяет точку на оси абсцисс, отвечающую толщине выходящей из клетки полосы.

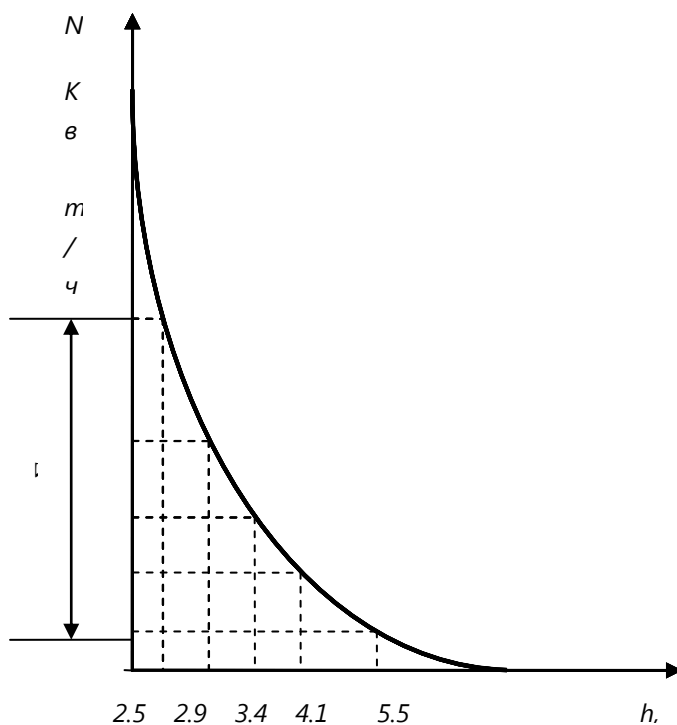


Диаграмма удельного расхода энергии при прокатке полосы толщиной 2,5 мм на валках диаметром 500 мм.

Пересечения каждой точки ординаты с кривой определяет точку на оси абсцисс, отвечающую толщине выходящей из клетки полосы.

$$N = 5.5 \text{ мм}; h_1 = 4.1 \text{ мм}; h_2 = 3.4 \text{ мм}; h_3 = 2.9 \text{ мм}; h_4 = 2.5 \text{ мм}.$$

Тогда обжатие по клетям определяется:

$$\begin{aligned}\Delta h_1 &= H - h_1 \\ \Delta h_1 &= 5.5 - 4.3 = 1.2 \text{ мм}; \\ \Delta h_2 &= h_1 - h_2 \\ \Delta h_2 &= 4.3 - 3.6 = 0.7 \text{ мм}; \\ \Delta h_3 &= h_2 - h_3 \\ \Delta h_3 &= 3.6 - 3.2 = 0.4 \text{ мм}; \\ \Delta h_4 &= h_3 - h_4 \\ \Delta h_4 &= 3.2 - 2.5 = 0.7 \text{ мм};\end{aligned}$$

Далее можно определить относительное обжатие по клетям:

$$\begin{aligned}Eh &= \frac{\Delta h_n}{h_{n-1}} * 100; \\ Eh_1 &= (1.2/4.3) * 100 = 34\% \\ Eh_2 &= (0.7/3.4) * 100 = 20.6\% \\ Eh_3 &= (0.5/2.9) * 100 = 17.2\% \\ Eh_4 &= (0.4/2.5) * 100 = 16\%\end{aligned}$$

Определяем суммарное обжатие по клетям:

$$\begin{aligned}\sum Eh_1 &= \frac{\Delta h}{h_0} * 100\%; \\ \Sigma Eh_1 &= (1.4/5.5) * 100 = 25.4\% \\ \Sigma Eh_2 &= (0.7/5.5) * 100 = 12.7\% \\ \Sigma Eh_3 &= (0.5/5.5) * 100 = 9.1\% \\ \Sigma Eh_4 &= (0.4/5.5) * 100 = 7.2\%\end{aligned}$$

Значение предела текучести ( $\sigma_T$ ) определяется по графику:

$$\begin{aligned}\sigma_{T1} &= 53.7 \text{ кг/мм}^2; \\ \sigma_{T2} &= 45 \text{ кг/мм}^2; \\ \sigma_{T3} &= 41 \text{ кг/мм}^2; \\ \sigma_{T4} &= 37.5 \text{ кг/мм}^2;\end{aligned}$$

Определяем натяжение ( $\sigma_n$ ) по клетям

$$\begin{aligned}\sigma_n &= (0.5 \div 0.8) \sigma_T \\ \sigma_{n1} &= 0.3 * 53.7 = 16.1 \text{ кг/мм}^2; \\ \sigma_{n2} &= 0.3 * 45 = 13.5 \text{ кг/мм}^2; \\ \sigma_{n3} &= 0.3 * 41 = 12.3 \text{ кг/мм}^2; \\ \sigma_{n4} &= 0.3 * 37.5 = 11.25 \text{ кг/мм}^2\end{aligned}$$

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет режима обжатий. Отчет предоставить в письменном виде.

### Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## Тема 2.12 Производство холоднокатаного металла

### Практическая работа № 30

#### Расчет часовой производительности станов холодной прокатки

**Цель работы:** освоить методику определения часовой производительности стана холодной прокатки.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

**Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:** рассчитать режим обжатий и натяжений при холодной прокатке по следующим данным:

№ 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 клетцевого 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:

$$A = 3600 \cdot G / T; \text{ т/час}$$

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:

$$V_3' = V_4 h_4 / h_3 = (0,8 \cdot 2.5) / 2.9 = 0,7 \text{ м/с};$$

$$V_2' = V_4 h_4 / h_2 = (0,8 \cdot 2.5) / 3.4 = 0.6 \text{ м/с};$$

$$V_1' = V_4 h_4 / h_1 = (0,8 \cdot 2.5) / 4.1 = 0,5 \text{ м/с};$$

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:

$$t_4 = \pi \cdot D_8 \cdot n / V_4',$$

где  $D_8$  – 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  $3 \text{ м/с}^2$ .

$$t_5 = 20 - 0,8 / 3 = 7 \text{ с}$$

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 клетки, равное  $2 \text{ м/с}^2$ .

$$t_8 = 20 - 0,8 / 2 = 10 \text{ с.}$$

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  $2,5 \text{ м/с}$ .

$$t_7 = 2 * ((20 - 2,5) / 3 + (20 - 2,5) / 2) = 30 \text{ с.}$$

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:

$$L_{ш} = V_4 + V_4' / 2 \cdot L_{ш}$$

$$L_{ш} = (20 + 2,5) / 2 * 30 = 330 \text{ м.}$$

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:

$$t_6 = L_p / V_4$$

$$t_6 = 5216,4 / 20 = 260,82 \text{ с}$$

$$T_{ц} = 45 + 45 + 37 + 10 + 7 + 260,82 + 30 + 10 + 37 + 40 = 550,5 \text{ с}$$

Время перекрытия:

$$T_n = 30 \text{ с;}$$

$$T = 550,5 - 30 = 520,5 \text{ с}$$

$$A = (3600 * 20) / 520,5 = 138,3 \text{ т/час.}$$

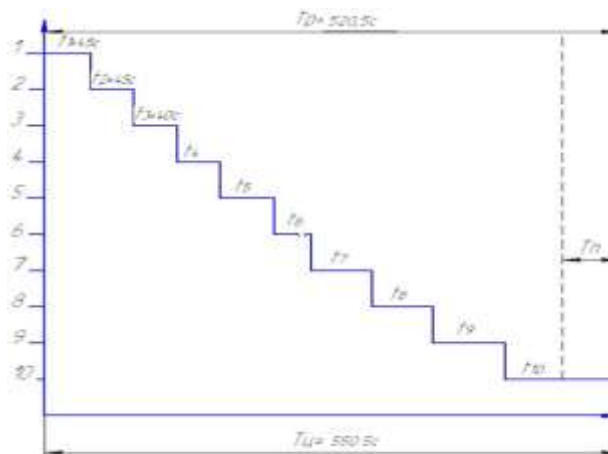


График прокатки

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет часовой производительности. Отчет предоставить в письменном виде.

### Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## Тема 2.12 Производство холоднокатаного металла

### Практическая работа № 31

Виртуальный тренажер «Вальцовщик стана холодной прокатки». Участок дрессировки и оцинковки

Цель работы: с помощью трехмерной графики и анимации реализовать процесс обучения технологии прокатки полосы на участке дрессировки и оцинковки

### Выполнив работу, Вы будете:

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

### Материальное обеспечение:

Тренажерные комплексы с реальными пультами управления «Вальцовщик стана холодной прокатки: участок дрессировки и правки оцинкованной полос

### Задание:

1 Изучить пульт управления тренажера.

- 2 Изучить принцип работы оборудования дрессировочного стана.
- 3 Выполнить работу по индивидуальным данным.
- 4 Провести проверку и оценку полученных знаний.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Запустить тренажер- имитатор.
- 2 Запросить сессию USB – ключом для активации.
- 3 Загрузить программу.
- 4 Ввести логин и пароль.
- 5 Начать обучение.

**Ход работы:**

- 1 Выбрать нужный вариант задания.
- 2 Ввести данные.
- 3 По полученным данным составить маршрут процесса дрессировки.
- 4 По окончании работы просмотреть паспорт прокатки.

**Форма представления результата:**

По окончании практического занятия должно быть пройдено тестирование.

**Критерии оценки:**

Процент положительных оценок	Оценка	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 - 100	5	отлично
80 - 89	4	хорошо
70 - 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## 2.12 Калибровка угловой стали

### Практическая работа №32

#### Калибровка угловой стали. Построение калибров

**Цель работы:** освоить типовую методику расчета калибровки валков для прокатки угловой стали и основные операции при построении угловых калибров.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

**Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание**

- 1 Изучить методику расчета калибровки валков при прокатке угловой стали.
- 2 Изучить методику построения системы угловых калибров.

## Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с методикой расчета угловых калибров.

2 Вычертить схему калибровки угловой стали.

### Ход работы:

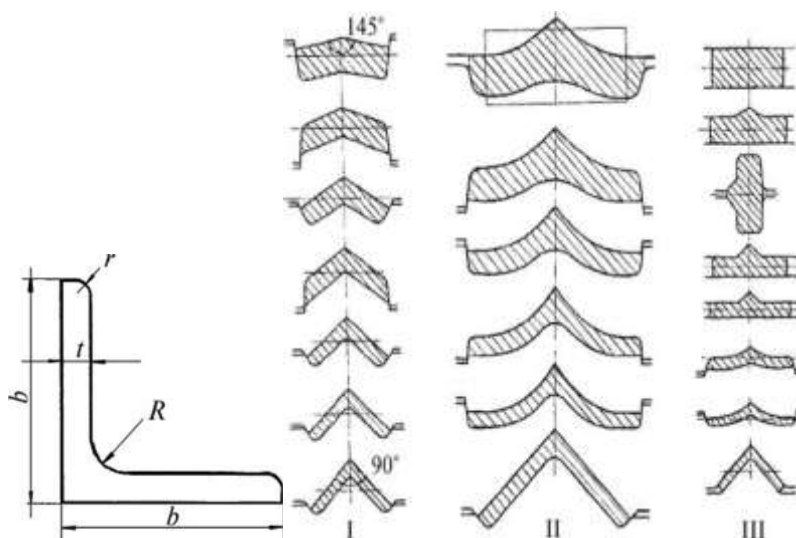
По ГОСТ 8509—72 и ГОСТ 8510—72 равнополочную угловую сталь прокатывают с полками шириной от 20X20 до 250X250 мм, неравнополочную угловую сталь — от 25X 16 до 250X160 мм.

Схема калибровки угловой стали зависит от типа стана, размеров исходной заготовки, а также от общего принципа построения калибров валков черновой, промежуточных и чистовой групп клетей. На современных сортовых станах широко применяют прокатку угловой стали с развернутыми полками в закрытых калибрах. Распространена и прокатка угловой стали в открытых калибрах со свободным уширением, впервые разработанная в отечественном прокатном производстве. Прокатка со свободным уширением весьма удобна на непрерывных станах, где наличие клетей с вертикальным расположением валков обеспечивает необходимый контроль размеров ширины полок.

Вершины угловых калибров располагают в валках сверху, а концы полок — снизу. При таком расположении калибров облегчается удаление окалины и воды, а прокатываемый раскат устойчив на рольганге при заходе в валки и выходе из них.

Обратим внимание на построение чистового калибра. В нем происходит выпрямление полок углового профиля до образования прямого угла у вершины и обжатие по толщине полок. Различают чистовой калибр со стесненным (ограниченным) уширением и со свободным уширением. На приведенных схемах даны чистовые калибры со свободным уширением, имеющие большие преимущества. При их использовании исключено образование заусенцев и можно прокатывать в одном чистовом калибре угловую сталь нескольких размеров.

Калибры равнополочной угловой стали врезают относительно вертикальной оси так, чтобы каждая полка имела с вертикальной осью угол  $45^\circ$ . При этом не возникают горизонтальные силы, способствующие осевому смещению валков друг относительно друга, ибо вертикальные проекции обеих полок равны между собой. Равенства вертикальных проекций обеих полок, как правило, достигают и при расположении в валках калибров неравнополочной угловой стали. В этом случае биссектриса угла не перпендикулярна осям валков.



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 полок и высоту чистого калибра. С учетом типа стана выбирают количество проходов фасонных калибрах ну (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 представления результата:**

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

#### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

### **Тема 2.13 Калибровка двутавровой балки и швеллера**

#### **Практическая работа № 33**

**Методика расчета калибровки двутавровой балки. Расположение балочных калибров в валках и их построение**

**Цель работы: освоить методику расчета калибровки двутавровой балки и изучить расположение балочных калибров в валках**

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации.

## Материальное обеспечение

Учебно-методическая документация, дидактические средства

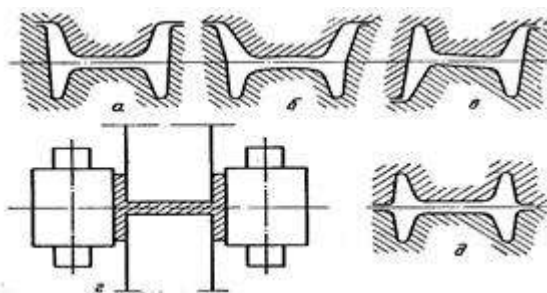
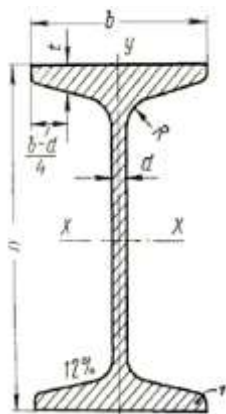
### Задание:

1. Рассчитать калибровку валков для прокатки двутавровой балки по полученным данным.
2. Вычертить схему калибровки валков.
3. Построить схему балочных калибров в валках.

### Порядок выполнения работы

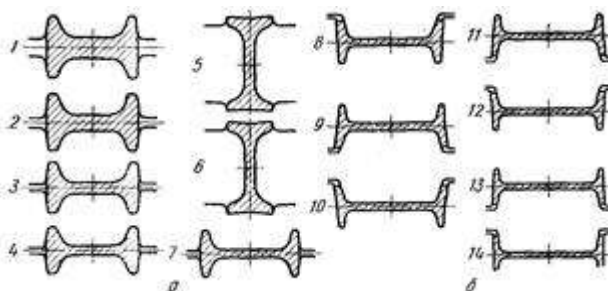
1. Изучить методические указания к данной практической работе.
2. Рассчитать калибровку двутавровой балки по полученным данным.
3. Расчет оформить в тетради.
4. Вычертить схему калибровки угловой стали.
5. Защитить практическую работу.

### Ход работы:



Профиль двутавровой балки

Типы балочных калибров



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 полков 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 чистой группе у нас не задействованы одна вертикальная и одна горизонтальная клетки.

Таблица 9-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

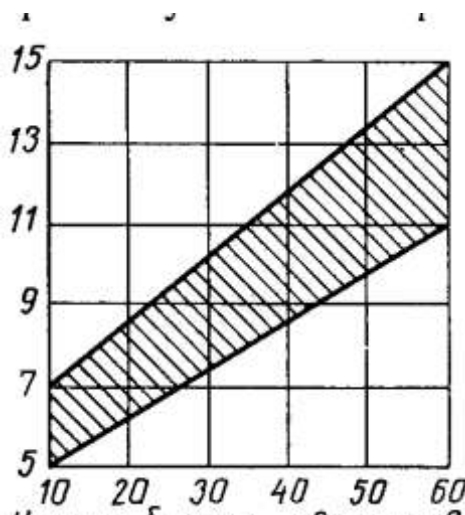


График для выбора числа калибров при прокатке балки

Учитывая износ вала и целесообразность прокатки на минус, а также температурное расширение профиля примем следующие размеры чистового калибра.

Ширина (высота балки):

$$B_8 = (h - 3) * 1,012 \text{ мм},$$

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):

$$H_8 = (b - 3) * 1,012 \text{ мм},$$

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  $\Delta B_1$  и суммарное уширение  $\Delta B_{2-8}$  предварительно выбираем по графику  
Общее уширение:

$$\sum \Delta B_{1-8} = \Delta B_1 + \Delta B_{2-8} \text{ мм}$$

где  $\Delta B_1$  – уширение для разрезного калибра;  
 $\Delta B_{2-8}$  – уширение в остальных калибра

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  $\Delta h_{\text{ут}} = 8$  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:

$$b_1 \approx (0,35 \div 0,45) * B_1 \text{ мм,}$$

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 большего открытого фланца, причем предусматриваем незначительное защемление в закрытый фланец в последних калибрах.

$$\frac{a_1}{a_1} = 1,15 \div 0,95$$

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 захват в закрытый фланец). В случае необходимости размеры  $a$  и  $b$  можно скорректировать.

Находим координаты точки К, имея в виду, что в разрезном калибре нижний фланец открытый:

$$\begin{aligned} \text{tg}\varphi_8 &= 0,12; \\ \text{tg}\varphi_1 &= \frac{b_1 - a_1}{h_1}, \end{aligned}$$

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:

$$e = \frac{b_1 \text{tg}\varphi_n - b_n \text{tg}\varphi_1}{\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_n}$$

где  $\text{tg}\varphi_1$  и  $\text{tg}\varphi_n$  – тангенсы углов наклона внутренних граней фланцев разрезного и чистового калибров;

$b_n$  и  $b_1$  – толщина фланцев у основания чистового и разрезного калибров.

Найдем расстояние от основания до точки К:

$$H_k = \frac{e - b_n}{\text{tg}\varphi_n} = \frac{e - b_1}{\text{tg}\varphi_1} \text{ мм,}$$

где  $e$  – расстояние точки К от наружной грани фланцев;

$b_n$  и  $b_1$  – толщина фланцев у основания чистового и разрезного калибров;

$\text{tg}\varphi_1$  и  $\text{tg}\varphi_n$  – тангенсы углов наклона внутренних граней фланцев разрезного и чистового калибров.

Принимаем площадь закрытого фланца равной площади открытого  $q1'=q1$ , тогда размеры закрытого верхнего фланца определим с учетом высоты последнего  $h1'$ :

$$a1' = \frac{h_1}{h_1'} a_1 \text{ мм,}$$

где  $h1$  – высота закрытого фланца;

$h1'$  – высота открытого фланца;

$a1$  – толщину у основания закрытого фланца разрезного калибра.

$$b1' = \frac{h_1}{h_1'} b_1 \text{ мм,}$$

где  $h1$  – высота закрытого фланца;

$h1'$  – высота открытого фланца;

$b1$  – толщина фланцев у основания разрезного калибров.

Площадь фланцев:

$$q1'=q1 = \frac{b_1 - a_1}{2} h_1 \text{ мм}^2.$$

Толщина стенки разрезного калибра:

$$d_1 = \frac{2q_1 d_7}{2q_{\text{фл.в}} + 0,5d_7 \Delta B_{2-в}} \text{ мм,}$$

где  $q1$  – площадь открытого фланца

$d7$  – толщина стенки чистового калибра;

$q_{\text{фл}}$  – площадь поперечного сечения фланца разрезного калибра;

$\Delta B_{1-7}$  – общее уширение,

Общая высота калибра:

$$H1 = h1 + h1' + d1 \text{ мм,}$$

где  $h1$  – высота закрытого фланца;

$h1'$  – высота открытого фланца;

$d1$  – толщина стенки разрезного калибра.

Корректируя размеры разрезного калибра с учетом закругления и угла захвата в пределах 33–350, принимаем толщину  $d1'$ ,

Площадь поперечного сечения разрезного калибра  $q1$  с учетом дополнительной площади  $q_{\text{доп}}$  при толщине  $d1'$  составляет:

$$q1 = 4 * q1' + d1 * B1 \text{ мм}^2$$

где  $q1'$  – площадь закрытого фланца

$d1$  – толщина стенки разрезного калибра;

$B1$  – ширина разрезного калибра.

Высота исходной заготовки:

$$H0 = 0,5 * H1 + 0,5 \frac{B_0 H_1^2}{q_1} \text{ мм,}$$

где  $H1$  – общая высота калибра;

$q1$  – площадь открытого фланца;

$B0$  – 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:

$$\alpha = \arccos \frac{H_0 + b_1}{D_n - b_1}$$

где  $H_0$  – высота исходной заготовки;

$b_1$  – толщина фланцев у основания разрезного калибра;

$D_n$  – 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  $q_{\phi n 1}$  – площадь поперечного сечения фланца разрезного калибра;

$q_{\phi n 8}$  – 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  $q_{\phi n}$  – площадь поперечного сечения фланца;

$\mu_{\phi n}$  – коэффициент вытяжки во фланце.

Общий коэффициент уменьшения толщины стенки, или общий коэффициент вытяжки  $\mu$ , 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;

$\mu_i$  – коэффициент вытяжки стенки данного калибра.

Распределение уширения по калибрам принимаем пропорционально деформации по стенкам:

$$\sum_2^8 (\mu_{\text{фл}2-8} - 1)$$

Коэффициент пропорциональности:

$$m = \frac{\sum_2^8 \Delta B}{\sum_2^8 (\mu - 1)}$$

где  $\sum \Delta B$  – общее уширение;

$\sum_2^8 (\mu - 1)$  – суммарное уширение.

Определим уширение в каждом калибре:

$$\Delta B_i = m(\mu_i - 1) \text{ мм}$$

где  $m$  – коэффициент пропорциональности;

$\mu_i$  – коэффициент вытяжки стенки данного калибра.

Сумма уширения по калибрам должна равняться  $\Delta B_{2-8}$ .

Определяем ширину калибра:

$$B_i = B_{i-1} + \Delta B_i \text{ мм,}$$

где  $B_i$  – ширина калибра;

$\Delta B_i$  – 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 проходам;

$h_i$  – 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 проходам;

$h_i'$  – 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:

$$b_i = H_k * \operatorname{tg}\varphi_i - e \text{ мм},$$

где  $H_k$  – расстояние от основания до точки К;

$\operatorname{tg}\varphi_i$  – 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;

$\eta_i$  – 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;

$b_2$  – 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 крупносортных станов с подшипниками качения

Для обжимной клетки:

$$S = (0,015 - 0,025) * D_v \text{ мм}.$$

Для черновых клеток:

$$S = (0,01 - 0,014) * D_v \text{ мм}.$$

Для чистовых клеток:

$$S = (0,006 - 0,007) * D_v \text{ мм}$$

где  $D_v$  – диаметр валков в которых ведется прокатка.

### **Форма представления результата:**

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

### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.14 Калибровка круглой и квадратной стали**

### **Практическая работа № 34**

Расчет калибровки круглой стали.

**Цель работы:** Освоить методику расчета калибровки валков для прокатки круглой стали. 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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:** рассчитать калибровку валков для прокатки круглой стали на стане 370 ПАО ММК.

### **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 врезам 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  $1,01-1,015$ .

#### **Ход работы:**

Определяем размеры чистового и предчистового калибров для прокатки круглой стали  $\varnothing$  35 мм на крупносортом стане 370 ПАО «ММК»

Заготовка имеет размеры 150x150x12000 мм. Прокатывается ст0.

Чистовой круглый калибр исполняется с развалом, т.е ширина калибра (горизонтальный диаметр) принимается больше диаметра круга.

Согласно схеме калибровки предчистой калибр (овальный) может быть в виде однорядусного 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:

$$d = 1,013 \cdot d_{хол};$$

$$d = 1,013 \cdot 35 = 35,5 \text{ мм}$$

Принимаем по графику стр 134  $t=3,5$  мм

Горизонтальный диаметр калибра:

$$d_2 = 2,089 \cdot R - 0,3 \cdot t;$$

$$d_2 = 2,089 \cdot \frac{35,5}{2} - 0,3 \cdot 3,5 = 36 \text{ мм}$$

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:

$$F_{кр} = 0,785 \cdot d^2;$$

$$F_{кр} = 0,785 \cdot 35,5^2 = 989,29 \text{ мм}^2$$

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:

$$F_{ов} = b \cdot t + \frac{2}{3} \cdot b \cdot (h-t)$$

$$F_{ов} = 49,1 \cdot 3,5 + 2/3 \cdot 49,1(30,5 - 3,5) = 1054,75 \text{ мм}^2$$

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  $a$  – сторона квадрата

для  $d=35$  мм

$$A=(1,05-1,1)35=38,5 \text{ мм}$$

$$\text{в) } r=(0,1 \div 0,15)A$$

$$r=(0,1 \div 0,15)38,5=5,8 \text{ мм}$$

$$\text{г) } F_{кк}=A^2-0,86 \cdot r^2$$

$$F_{кк}=38,5^2-0,86 \cdot 5,8^2=1453,4 \text{ мм}^2$$

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

$$\lambda_{общ} = \frac{150 \cdot 150}{\pi \cdot F_{23}}$$

$$\lambda_{общ} = \frac{150 \cdot 150}{3,14 \cdot 17,5^2} = 23,4$$

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

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{\Delta h_1}{2h_0} \left( \frac{\sqrt{R_e - \Delta h_1}}{2} - \frac{\Delta h_1}{2\mu} \right)$$

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{10}{2 \cdot 150} \left( \sqrt{650/2 - 10} - \frac{10}{2 \cdot 0,45} \right) = 1,5 \text{ мм}$$

$$b_1 = b_0 + \Delta b_1$$

$$b_1 = 140 + 1,5 = 141,5 \text{ мм}$$

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

$$\text{tg} \gamma = \frac{B_k - b_1}{2h_p} 100\%$$

$$\text{tg} \gamma = \frac{151,8 - 142,5}{2 \cdot 42} 100\%$$

$$\text{tg} \gamma = 11\%$$

Определяем радиусы закруглений

$$r_{вн} = (0,22 \div 0,25)h_p$$

$$r_{вн} = (0,22 \div 0,25) \cdot 42$$

$$r_{вн} = 10,5 \text{ мм}$$

$$r_{внут} = (0,8 \div 1,0)r_{вн}$$

$$r_{внут} = (0,8 \div 1,0) \cdot 10,5$$

$$r_{внут} = 8,4 \text{ мм}$$

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

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{B_k - b_k}{2h_p} 100$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{154 - 142,5}{2 \cdot 36} 100 \%$$

$$\operatorname{tg} \gamma = 15 \%$$

Определяем радиусы закруглений

$$r_{\text{внеш}} = (0,22 \div 0,25) h_p$$

$$r_{\text{внеш}} = (0,22 \div 0,25) \cdot 36$$

$$r_{\text{внеш}} = 9 \text{ мм}$$

### **Форма представления результата:**

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

### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## Тема 2.14 Калибровка круглой и квадратной стали

### Практическая работа № 35

Расчет калибровки квадратной стали. Расположение квадратных калибров в валках и их построение

**Цель работы:** Освоить методику расчета калибровки валков для прокатки квадратной стали. Научиться 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:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства.

**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  $120^{\circ}$ . Иногда для лучшего выполнения углов квадрата угол у самой вершины ромба уменьшают до прямого.

При прокатке квадратов со стороной до 25 мм чистой 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 обжатия квадрата 140 мм.

Принимаем следующую схему калибровки:

I - ящичный калибр; II - ромбический калибр; III - предчистовой квадратный калибр; IV - предчистовой ромбический калибр; V - чистой 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,

$\Delta^+$  - плюсовой допуск,

$\Delta^-$  - минусовой допуск.

$$c_x = 140 + (0,8 - 2) / 2 = 139,4 \text{ мм}$$



Сторона чистового квадрата в горячем состоянии:

$$c_r = c_1 = 1,013 \quad c_x = 1,013 \times 139,4 = 141,2 \text{ мм}$$

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:

$$\alpha = \arccos \left( 1 - \frac{\Delta h_1}{D - \frac{b_1}{2}} \right)$$

где D- минимальный диаметр валков, мм.

По 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:

$$\Delta h_2 = h_3 - h_2 = 228 - 189 = 29 \text{ мм}$$

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:

$$b_2 - b_3 = 236,1 - 228 = 8,2 \text{ мм,}$$

таким образом перезаполнения не будет.

По рисунку определяем допустимый угол захвата при  $t=950^\circ\text{C}$  скорости прокатки  $v_n=4 \text{ м/с}$   $\alpha=19^\circ\text{C}$  по нем определяем вытяжку в предчистовом квадрате по  $\mu_3=1,15$ .

Площадь предчистового ромба:

$$q_4 = q_3 * \mu_3 = 1,15 * 25384,6 = 29192,3 \text{ мм}^2$$

Определяем уширение в предчистовом квадрате  $\Delta b_3=13 \text{ мм}$ .

Высота ромба:

$$h_4 = h_3 - \Delta b_3 = 228 - 13 = 215 \text{ мм}$$

Ширина ромба:

$$b_4 = 2 * q_4 / 0,98 * h_4 = 2 * 29192,3 / 0,98 * 215 = 277,1 \text{ мм}$$

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  $\mu_4=1,18$ .

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:

$$\Delta h_4 = h_5 - h_4 = 265.6 - 215 = 50.6 \text{ мм}$$

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:

$$b_4 - b_5 = 277 - 265 = 12 \text{ мм},$$

Таким образом перезаполнения не будет.

По рисунку определяем допустимый угол захвата при  $t=950^\circ\text{C}$  скорости прокатки  $v_{\text{п}}=3\text{м/с}$ ,  $\alpha=23^\circ\text{C}$ .

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;  $\alpha$  - 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 представления результата:**

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

#### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.15 Производство рельсов и балок**

### **Практическая работа № 36**

#### **Калибровка рельсов**

**Цель работы:** Освоить методику расчета калибровки валков для прокатки рельсов. Научиться выстраивать схему калибровки рельсов.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

#### **Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства.

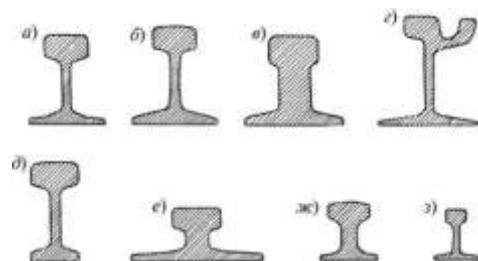
**Задание:** рассчитать калибровку валков для прокатки рельсов по полученным данным.

#### **Порядок выполнения работы**

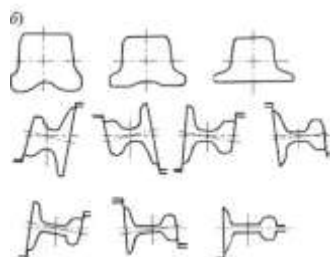
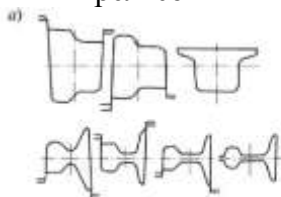
- 1 Изучить методические указания к данной практической работе.
- 2 Рассчитать калибровку рельсов по полученным данным.
- 3 Расчет оформить в тетради.
- 4 Вычертить схему калибровки рельсов.

#### **Ход работы:**

Наиболее ответственным и распространенным является железнодорожный рельс Р50 (масса 1 пог. м равна 51,5 кг), применяемый для прокладки железнодорожных путей. По ГОСТ 7174—75 (который на территории РФ с 01.07 2001 г. временно отменен) он имеет следующие основные размеры и допуски по ним: высота — 152 (+0,8...—0,5) мм; ширина подошвы — 132 ( $\pm$ 1) мм; толщина стенки в среднем сечении — 16 (+0,75...—0,5) мм; средняя толщина подошвы — 10,5 (+1,0...—0,5) мм; ширина головки по основанию — 72 ( $\pm$ 0,5) мм; уклон внутренней грани подошвы — 1:4. Значительную часть рельсов производят на станах линейного типа, среди которых отдельно следует выделить рельсобалочные станы, производящие основную массу железнодорожных и других крупных рельсов. Мелкие рельсы производят также на других сортовых станах. Исходным материалом для прокатки железнодорожных рельсов являются слитки массой около 10 т, из которых на блюминге, входящем в состав комплекса рельсобалочного стана, катают блюмы массой 2—4 т, предназначенные непосредственно для рельсов. Для производства рельсов используют спокойную высокоуглеродистую сталь с содержанием углерода 0,5—0,78 %. Большая масса рельсовой стали в России выплавляется в мартеновских печах, идет постоянное сокращение доли мартеновской стали и замена ее на стали конвертерной плавки.



Типы рельсов



Схемы прокатки рельсов

Первый из рельсовых калибров — разрезной, и с него начинается формирование элементов профиля. В обеих схемах калибровки применяются закрытые рельсовые калибры с чередованием разъемов, как в балочных калибрах. Только чистовой калибр по головке рельса должен быть открытым, чтобы обеспечить требуемые по ГОСТу форму головки и радиусы закруглений. По схеме, представленной на рис. 14.37, а, разъемы калибров следуют с одной стороны и калибры располагаются в валках по горизонтальной оси. Это обеспечивает небольшой врез ручьев в валки и отсутствие осевых усилий на валках при прокатке. Зато схема с наклонными калибрами (см. рис. 14.37, б) дает возможность выдерживать параллельными плоскости подошвы и головки, что особенно важно при прокатке железнодорожных рельсов. Чтобы предотвратить осевое смещение валков при прокатке по этой схеме, часть бочки валков приходится расходовать на замки (рис. 14.38).

Необходимо отметить, что все приведенные схемы прокатки рельса уже значительно устарели и сохраняются только потому, что существуют рельсобалочные станы, удовлетворяющие потребности страны в рельсах. В мировой практике ведутся интенсивные работы по совершенствованию технологии производства рельсов. Например, компания SMS Meer GmbH (г. Менхенгладбах, Германия) поставила в Корею и Китай и имеет еще несколько заказов на новый непрерывный универсальный стан для прокатки рельсов (рис. 14.39). Стан имеет реверсивную клетку (малый блюминг), реверсивную клетку I с рельсовыми калибрами и непрерывную группу из трех клеток 2—4, из которых первая реверсивная и третья нереверсивная — универсальные, а средняя — клетка дуо нереверсивная. По расположению оборудования стан очень напоминает нижнетагильский УБС.

Калибры на валках расположены таким образом, чтобы реализовать схему прокатки, представленную на рис. 14.40. Видно, что после семи реверсивных пропусков в клетку 1 прокат проходит в одном направлении клетками 2 и 3, затем в обратном — только клетку 2 (в клетку 3 калибр отсутствует) и после реверса — клетки 2—4 в режиме непрерывной прокатки. Универсальные клетки 2 и 4 позволяют осуществлять обжатия с четырех сторон, что обеспечивает высокую точность готового проката.

При производстве рельсов высокие требования предъявляются к качеству готовой продукции. Показатели качества условно можно сгруппировать в две категории. В первую

категорию входят требования по геометрии проката и состоянию его поверхности, а во вторую — механические характеристики металла профиля.

При расчете рельсовых калибров будем пользоваться методом Б.П. Бахтинова и М.М. Штернова. При определении размеров тавровых калибров используем практические данные и результаты исследований. Нумерацию калибров в данном случае принимаем по ходу прокатки, начиная с первого таврового калибра.

- 1 устанавливаем схему прокатки рельсов, например, принимаем три трапецеидальных калибра и шесть рельсовых калибров;
- 2 расчет ведем против хода прокатки, начиная от чистового калибра;
- 3 делим чистовой калибр на три элемента: головку, шейку и подошву с обозначением расчетных размеров
- 4 рассчитываем горячие размеры чистового калибра с учетом температурного коэффициента усадки профиля;
- 5 на основании практических данных хорошо работающих калибровок устанавливаем частные и общие коэффициенты деформации для отдельных элементов калибра — головки, шейки и подошвы.

#### **Форма представления результата:**

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

#### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.16 Производство сортовой стали на крупно-, средне- и мелкосортных станах**

### **Практическая работа № 37**

#### **Расчет калибровки круглой стали на стане 450**

**Цель работы:** Освоить методику расчета калибровки круглой стали на стане 450.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

#### **Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:** рассчитать калибровку валков для прокатки круглой стали по полученным данным.

### Порядок выполнения работы

- 1 Изучить методические указания к данной практической работе.
- 2 Рассчитать калибровку круглой стали по полученным данным.
- 3 Расчет оформить в тетради.

### Ход работы:

Определяем размеры чистового и предчистового калибров для прокатки круглой стали  $\varnothing 45$  мм на крупносортном стане 450 ПАО ММК. Заготовка имеет размеры 150x150x12000 мм. Прокатывается ст 08ю.

Чистовой круглый калибр выполняется с развалом, т.е ширина калибра (горизонтальный диаметр) принимается больше диаметра круга.

Согласно схеме калибровки предчистой калибр (овальный) может быть в виде однорядусного 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 (1):

$$d = 1,013 \cdot d_{хол}; \quad (1)$$

$$d = 1,013 \cdot 45 = 46 \text{ мм}$$

Принимаем по графику стр 134  $t=6,5$  мм

Горизонтальный диаметр калибра рассчитывается по формуле (2):

$$d_z = 2,089 \cdot R - 0,3 \cdot t; \quad (2)$$

$$d_z = 2,089 \cdot \frac{30}{2} - 0,3 \cdot 6,5 = 30 \text{ мм}$$

Радиус закругления фаски у разъема калибра определяется из выражения (3):

$$r = (0,08 \div 0,1) \cdot d;$$

$$r = (0,08 \div 0,1) \cdot 46 = 6,1 \text{ мм}$$

Площадь круглого калибра находится как (4):

$$F_{кр} = 0,785 \cdot d^2; \quad (4)$$

$$F_{кр} = 0,785 \cdot 46^2 = 2920 \text{ мм}^2$$

По графику (рис. 87а) для  $\varnothing 60$  мм определяем отношение  $h/d$

$$h/d = 0,87$$

$$h = 0,87 \cdot 45 = 52$$

По графику определяем отношение  $h/b$

$$h/b = 0,62$$

$$b = \frac{52}{0,62} = 83,8 \text{ мм}$$

Принимаем  $t=6,5$  мм т.к.  $t$  чистового калибра равно  $t$  предчистового.

Радиус очертания однорядусного овала (5):

$$R = \frac{b^2 + (h-t)^2}{4 \cdot (h-t)}; \quad (5)$$

$$R = \frac{61^2 + (52 - 6,5)^2}{4 \cdot (52 - 6,5)} = 13,5 \text{ мм}$$

Площадь овала определяется как (6):

$$F_{ос} = b \cdot t + \frac{2}{3} \cdot b \cdot (h - t) \quad (6)$$

$$F_{ос} = 83,8 \cdot 6,5 + 2/3 \cdot 83,8(52 - 6,5) = 3086 \text{ мм}^2$$

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

$$A = d$$

$$б) A = (1,05 - 1,1)d$$

где а – сторона квадрата

для d=60 мм

$$A = (1,05 - 1,1)60 = 63 \text{ мм}$$

$$в) r = (0,1 \div 0,15)A$$

$$r = (0,1 \div 0,15)63 = 6,3 \text{ мм}$$

$$г) F_{кк} = A^2 - 0,86 \cdot r^2$$

$$F_{кк} = 63^2 - 0,86 \cdot 6,3^2 = 3936 \text{ мм}^2$$

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<sup>0</sup>С.

Прокатка ведется на стане с диаметром валков 650.

Определяем общую вытяжку по формуле (7):

$$\lambda_{общ} = \frac{150 \cdot 150}{3,14 \cdot 30^2} = 7,96 \quad (7)$$

Средняя величина вытяжки принимается в пределах 1,1 ÷ 1,35

Принимаем  $\lambda_1 = 2,75$ ,  $\lambda_2 = 2,9$

Определим размеры второго калибра по формуле (8):

$$F_{18} = \frac{F_n^2}{\lambda_0} \quad (8)$$

$$F_{18} = \frac{150^2}{2,75}$$

$$F_{18} = 8181 \text{ мм}^2$$

$$a_2 = \sqrt{F_{16}} \quad (9)$$

$$a_2 = \sqrt{8181}$$

$$a_2 = 90,0 \text{ мм}$$

Определяем размеры калибра.

Для подсчета необходимо определить коэффициент трения (10):

$$\mu = K_1 K_2 K_3 (1,05 - 0,0005t) \quad (10)$$

$$\mu = 1 \cdot 1 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1200)$$

$$\mu = 0,45$$

Зададимся высотой калибра  $h_1 = 140$  мм

Обжатие в калибре находим по формуле (11):

$$\Delta h_1 = h_0 - h_1 \quad (11)$$

$$\Delta h_1 = 150 - 140$$



$$\Delta h_1 = 10 \text{ мм}$$

Уширение в калибре (12):

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{\Delta h_1}{2h_0} \left( \frac{\sqrt{R_k - \Delta h_1}}{2} - \frac{\Delta h_1}{2\mu} \right) \quad (12)$$

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{10}{2 \cdot 150} \left( \frac{\sqrt{650/2 - 10}}{2} - \frac{10}{2 \cdot 0,45} \right) = 1,5 \text{ мм}$$

$$b_1 = b_0 + \Delta b_1 \quad (13)$$

$$b_1 = 140 + 1,5 = 141,5 \text{ мм}$$

Определяем высоту ручья по формуле (14):

$$h_p = (0,2 \div 0,3) h_1 \quad (14)$$

$$h_p = (0,2 \div 0,3) 140 = 42 \text{ мм}$$

Зазор между валками определяется как (15):

$$\begin{aligned} t &= h_1 - 2h_p \\ t &= 140 - 2 \cdot 42 \\ t &= 56 \text{ мм} \end{aligned} \quad (15)$$

Ширина калибра по дну определяется (16):

$$\begin{aligned} b_k &= (0,95 \div 1,0) b_0 \\ b_k &= (0,95 \div 1,0) 150 = 142,5 \text{ мм} \end{aligned} \quad (16)$$

Определяем ширину калибра по буртам:

$$B_k = 150 + (1,25 \div 1,75) 1,5 = 151,8 \text{ мм}$$

Определяем выпуск калибра по формуле (17):

$$\text{tg} \gamma = \frac{B_k - b_1}{2h_p} 100\% \quad (17)$$

Где,  $B_k$  - ширина калибра по буртам, мм

$b_1$  - ширина калибра по дну, мм

$h_p$  - высота калибра, мм

$$\begin{aligned} \text{tg} \gamma &= \frac{151,8 - 142,5}{2 \cdot 42} 100\% \\ \text{tg} \gamma &= 11\% \end{aligned}$$

Определяем радиусы закруглений:

$$r_{вн} = (0,22 \div 0,25) h_p \quad (18)$$

$$r_{вн} = (0,22 \div 0,25) \cdot 42$$

$$r_{вн} = 10,5 \text{ мм}$$

$$r_{внут} = (0,8 \div 1,0) r_{вн} \quad (19)$$

$$r_{внут} = (0,8 \div 1,0) \cdot 10,5$$

$$r_{внут} = 8,4 \text{ мм}$$

Задаемся высотой второго ящичного калибра:

$$h_2 = 120 \text{ мм}$$

тогда:

$$\Delta h_3 = 150 - 120 = 30 \text{ мм}$$

Определяем уширение во втором калибре (20):

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{30}{2 \cdot 150} \sqrt{650/2 * 30} - \frac{30}{2 \cdot 0.45} = 2,7 \text{ мм}$$

$$b_2 = b_1 + \Delta b_2 \quad (20)$$

$$b_2 = 120 + 2,7$$

$$b_2 = 122,7 \text{ мм}$$

Определяем высоту ручья (21):

$$h_p = (0,2 \div 0,3) h_2 \quad (21)$$

$$h_p = (0,2 \div 0,3) \cdot 120$$

$$h_p = 36 \text{ мм}$$

Зазор между валками (22):

$$t = h_2 - 2h_p \quad (22)$$

$$t = 120 - 2 \cdot 36$$

$$t = 48 \text{ мм}$$

Ширина калибра по дну (23):

$$b_k = (0,95 \div 1) b_0 \quad (23)$$

$$b_k = (0,95 \div 1) \cdot 150$$

$$b_k = 142,5 \text{ мм}$$

Ширина калибра по буртам (24):

$$B_k = b_0 + (1,25 \div 1,75) \Delta b_2 \quad (24)$$

$$B_k = 150 + (1,25 \div 1,75) \cdot 2,7$$

$$B_k = 154 \text{ мм}$$

Определяем выпуск калибра (25):

$$\text{tg} \gamma = \frac{B_k - b_k}{2h_p} 100 \quad (25)$$

$$\text{tg} \gamma = \frac{154 - 142,5}{2 \cdot 36} 100 \%$$

$$\text{tg} \gamma = 15 \%$$

Определяем радиусы закруглений (26):

$$r_{\text{внеш}} = (0,22 \div 0,25) h_p \quad (26)$$

$$r_{\text{внеш}} = (0,22 \div 0,25) \cdot 36$$

$$r_{\text{внеш}} = 9 \text{ мм}$$

### Форма представления результата:

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

### Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.16 Производство сортовой стали на крупно-, средне- и мелкосортных станах**

### **Практическая работа № 38**

#### **Расчет калибровки квадратной стали на стане 370**

**Цель работы:** Освоить методику расчета калибровки квадратной стали на стане 370

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

**Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства.

**Задание:** рассчитать калибровку валков для прокатки квадратной стали по полученным данным.

#### **Порядок выполнения работы**

- 1 Изучить методические указания к данной практической работе.
- 2 Рассчитать калибровку квадратной стали по полученным данным.
- 3 Расчет оформить в тетради.

#### **Ход работы:**

Сортовой прокат получают в результате несколько: последовательных пропусков число которых зависит от соотношения размеров и формы начального и конечного сечения, при этом в каждом пропуске сечение изменяется с постепенным приближением к готовому профилю.

Прокатка сортового металла осуществляется в калиброванных валках: ,т.е. в валках, имеющих специальные вырезы, соответствующие требуемой конфигурации проката в ленном пропуске. Кольцевой вырез в одном валке называется ручьем ,а просвет двух ручьев расположенных одним над другим совместно работающих с учетом зазора между ними называется калибром.

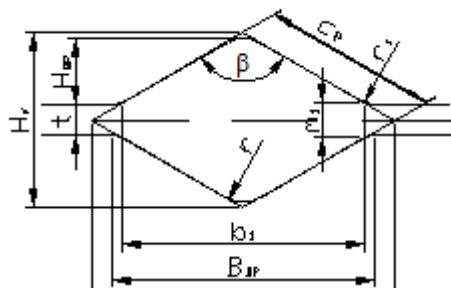
Прокатка в калибрах, как правило, является примером ярко выраженной неравномерной деформации металла и в большинстве случаев стесненным уширением.

При калибровке прокатных валков величину обжатия по пропускам приходится принимать одновременно с определением последовательных форм и размеров калибров, обеспечивающих получение качественного проката и точных размеров профиля.

ГОСТ 2591—71 предусматривает производство квадратной стали размером от 5 до 250 мм. Чистота поверхности такого проката (при условии предварительного удаления дефектов при зачистке заготовок), а также хорошее качество кромок должны соответствовать заданиям производства. Для этого калибровка валков должна быть выполнена с расчетом обеспечения вышеуказанных условий. Очень важно прокатывать заготовку таким образом, чтобы полученный готовый профиль имел минимальную массу 1 м длины.

В практике работы отечественных заводов квадратную сталь прокатывают с применением ромбических калибров, число которых определяется размерами готового профиля. Например, для получения квадратной стали больших размеров с хорошими кромками достаточно иметь один

ромбический калибр. Для мелких квадратов, имеющих небольшие обжатия в чистовом проходе, уже недостаточно иметь одного ромбического калибра. Для получения и обеспечения хорошего качества углов применяют два промежуточных ромба



Построение ромбического калибра

Размеры  $H_k$  и  $B_k$  ромбического калибра определяют в процессе расчета калибровки с учетом заданной величины коэффициента вытяжки в калибре, правильного заполнения калибра, а также с учетом получения размеров сечения, удовлетворяющим условиям прокатки в следующем калибре.

Откладывая на вертикальной и горизонтальной осях размеры  $H_k$  и  $B_k$  (рис.26), выполняют построение скелета в виде геометрически правильного ромба со стороной  $c_p$  и тупым углом при вершине  $\beta$ .

Расчет массы партии квадратного профиля, независимо от способа его изготовления и материала, используемого при изготовлении, можно произвести по формуле или расположенной ниже таблице. При ее составлении использовалось среднее значение плотности стали. Для получения требуемой величины вес 1 м умножают на общий метраж.

Формула определения веса 1 м стальных изделий:

$$M = \rho \cdot a^2,$$

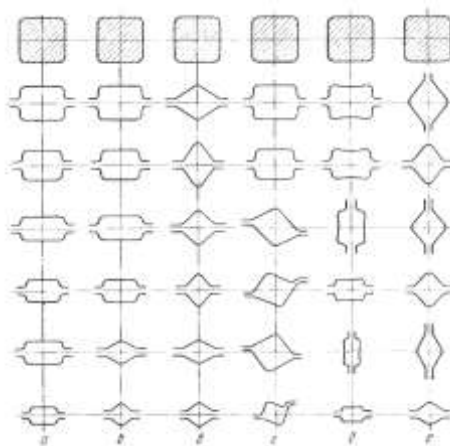
где,  $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $a$  – сторона, м.

Размеры и вес квадратного профиля

Сторона, мм	Масса 1 м, кг	Сторона мм	Масса 1 м кг	Сторона, мм	Масса 1 м, кг
3	0,071	14	1,54	55	23,72
3,2	0,08	15	1,77	60	28,26
4	0,126	16	2,01	65	33,17
4,5	0,159	18	2,54	70	38,4
5	0,196	20	3,14	80	50,24
6	0,238	22	3,46	85	56,72
6,3	0,283	24	4,52	90	63,59
7	0,385	25	4,91	100	78,5
8	0,502	30	7,06	110	94,99

9	0,636	32	8,04	120	113,04
10	0,785	35	9,62	140	153,86
11	0,95	40	12,56	150	176,63
12	1,13	45	15,9	160	200,96
13	1,33	50	19,62	180	254,34

Сторона квадрата	Предельное отклонение, не более
От 6 до 9 включ.	+0,5
Св. 9 » 19 «	+0,6
» 19 » 25 «	+0,8
» 25 » 30 «	+0,9
» 30	Суммы предельных отклонений для проката обычной точности прокатки в соответствии с табл.1



Схемы калибровки квадратной стали

#### Форма представления результата:

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

#### Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.16 Производство сортовой стали на крупно-, средне- и мелкосортных станах**

### **Практическая работа № 39**

#### **Расчет калибровки катанки на стане 170**

**Цель работы:** Освоить методику расчета калибровки круглой стали на стане 170

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации

**Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства.

**Задание**

- 1 Рассчитать калибровку валков для прокатки квадратной стали по полученным данным.
- 2 Оформить расчет в рабочей тетради

**Порядок выполнения работы**

- 1 Изучить методические указания к данной практической работе.
- 2 Рассчитать калибровку мелкосортной круглой стали по полученным данным.
- 3 Расчет оформить в тетради.

**Ход работы:**

На современных отечественных проволочных станах средняя величина вытяжки достигает максимального значения 1,380—1,385. При максимальной средней вытяжке система прямоугольник — ящичный квадрат также применима, раскаты в калибрах устойчивы. Расчеты и практика показывают, что в черновой группе клетей проволочных станов вместо прямоугольного калибра можно использовать валки с гладкой бочкой если величина средней вытяжки меньше значения 1,3 (при этом повышается устойчивость раската). При использовании валков с гладкой бочкой упрощается подгонка валков и валковой арматуры к прокатке, облегчается настройка стана.

Рассмотрим вопрос о диаметре катанки, имея в виду задачи проволочных и волочильных станов. Катанка — дефицитный профиль и поэтому при изменении сортамента проволочного стана необходимо учитывать изменение его производительности. Современные проволочные станы, как правило, работают на предельных скоростных и деформационных режимах. В связи с этим уменьшение диаметра выпускаемой катанки ведет к снижению производительности стана. Уменьшение производительности заметно даже при переходе с катанки диаметром 6,5 на катанку диаметром 6,3 мм.

Производство катанки диаметром 6,3 мм вместо катанки диаметром 6,5 мм ухудшает технико-экономические показатели и в случае образования большего количества окалины, так как уменьшение площади поперечного сечения катанки приводит к относительному росту поверхности металла и, следовательно, к увеличению образующейся окалины, повышенному расходу металла.

Однако исходя из общих интересов народного хозяйства производство катанки малых диаметров (5—6 мм) на современных проволочных станах в ряде случаев целесообразно и необходимо.

Большой экономический эффект дает и производство катанки с высокой точностью размеров (с допуском  $\pm 0,1$ — $0,15$  мм), и для этого есть необходимые условия на новых станах.

При осуществлении этих прогрессивных направлений весьма важными становятся ускоренное охлаждение катанки за чистовыми клетями, внедрение блоков чистовых клетей и повышение при этом скорости прокатки до 50—70 м/с, клетей с многовалковыми калибрами и так называемых калибрующих клетей высокой жесткости, а также увеличение массы бунтов до 2 т и более.

Другими важными направлениями в расширении производства и улучшении качества катанки на современных отечественных проволочных станах являются:

освоение прокатки профилей из литых заготовок сечением 120X120 мм и больше; широкое применение нагревательных печей с шагающим подом; создание бесконечной прокатки путем сварки концов нагретых заготовок встык на ходу.

Определяем размеры чистового и предчистового калибров для прокатки круглой стали  $\varnothing 10$  мм на мелкосортном стане 170 ОАО ММК. Заготовка имеет размеры 150x150x12000 мм. Прокатывается ст 0.

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 однорядного 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 получилось лучшая площадь калибров.

Диаметр калибра с учетом теплового расширения определяется по формуле:

$$d = 1,013 \cdot d ;$$

$$d = 1,013 \cdot 10 = 10,13 \text{ мм}$$

Принимаем по графику стр 134  $t=3,5$  мм.

Горизонтальный диаметр калибра определяется по формуле:

$$d_z = 2,089 \cdot R - 0,3 \cdot t;$$

Где, R – радиус валка, мм

t – зазор между валками, мм

$$d_z = 2,089 \cdot \frac{10,13}{2} - 0,3 \cdot 3,5 = 9,53 \text{ мм}$$

Радиус закругления фаски у разъема калибра определяется по формуле:

$$r = (0,08 \div 0,1) \cdot d;$$

$$r = (0,08 \div 0,1) \cdot 10,13 = 1,01 \text{ мм}$$

Площадь круглого калибра определяется как

$$F_{кр} = 0,785 \cdot d^2;$$

$$F_{кр} = 0,785 \cdot 10,13^2 = 80,54 \text{ мм}^2$$

По графику (рис. 87а) для  $\varnothing 10$  мм определяем отношение h/d :

$$h/d = 0,87$$

$$h = 0,87 \cdot 10 = 8,7 \text{ мм}$$

По графику определяем отношение h/b:

$$h/b = 0,62$$

$$b = \frac{8,7}{0,62} = 14,03 \text{ мм}$$

Принимаем  $t=3,5$  мм т.к.  $t$  чистового калибра равно  $t$  предчистового.  
Радиус очертания однорадиусного овала определяется по формуле:

$$R = \frac{b_2 + (h-t)^2}{4 \cdot (h-t)};$$

$$R = \frac{14,03^2 + (8,7 - 3,5)^2}{4 \cdot (8,7 - 3,5)} = 10,71 \text{ мм}$$

Площадь овала определяется по формуле:

$$F_{ос} = b \cdot t + \frac{2}{3} \cdot b \cdot (h-t)$$

где,  $b$  – ширина калибра, мм  
 $t$  – зазор между валками, мм  
 $h$  – высота калибра, мм

$$F_{ос} = 8,7 \cdot 3,5 + 2/3 \cdot 8,7(10,13 - 3,5) = 88,2 \text{ мм}^2$$

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 .  $A=d$

б)  $A=(1,05-1,1)d$

где  $a$  – сторона квадрата

для  $d=10$  мм

$A=(1,05-1,1)10=10,5$  мм

в)  $r=(0,1 \div 0,15)A$ ,  $r=(0,1 \div 0,15)10,5=1,05$  мм

г)  $F_{кк}=A^2-0,86 \cdot r^2$ ,  $F_{кк}=10,5^2-0,86 \cdot 1,05^2=111,2 \text{ мм}^2$

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 170.

Определяем общую вытяжку по формуле:

$$\lambda_{общ} = \frac{150 \cdot 150}{\pi \cdot F_{23}}$$

$$\lambda_{общ} = \frac{150 \cdot 150}{3,14 \cdot 10^2} = 23,4$$

Средняя величина вытяжки принимается в пределах  $1,1 \div 1,35$

Принимаем  $\lambda_1 = 4,78$ ,  $\lambda_2 = 4,89$

Определим размеры второго калибра по формуле:

$$F_{18} = \frac{F_i^2}{\lambda_0}$$

$$F_{18} = \frac{150^2}{4,78}$$

$$F_{18} = 4707,1 \text{ мм}^2$$

Сторона квадрата  $a$  определяется по формуле:

$$a_2 = \sqrt{F}$$

$$a_2 = \sqrt{4707,1}$$

$$a_2 = 68,6 \text{ мм}$$



Определяем размеры калибра.

Для подсчета необходимо определить коэффициент трения по формуле:

$$\mu = K_1 K_2 K_3 (1,05 - 0,0005t)$$

Где,  $k_1$  – коэффициент, учитывающий материал валков, для стальных валков  $k_1$  равен 1;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий влияние окружной скорости валков;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий влияние химического состава стали;

$t$  – температура прокатываемого металла.

$$\mu = 1 \cdot 1 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1200)$$

$$\mu = 0,45$$

Зададимся высотой калибра:

$$h_1 = 140 \text{ мм}$$

Обжатие в калибре определяется по формуле (11):

$$\Delta h_1 = h_0 - h_1$$

Где,  $h_0$  – высота до прокатки, мм

$h$  – высота после прокатки, мм

$$\Delta h_1 = 150 - 140$$

$$\Delta h_1 = 10 \text{ мм}$$

Уширение в калибре определяется по формуле:

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{\Delta h_1}{2h_0} \left( \frac{\sqrt{R_k - \Delta h_1}}{2} - \frac{\Delta h_1}{2\mu} \right)$$

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{10}{2 \cdot 150} \left( \frac{\sqrt{650/2 - 10}}{2} - \frac{10}{2 \cdot 0,45} \right) = 1,5 \text{ мм}$$

$$b_1 = b_0 + \Delta b$$

где,  $b_0$  – ширина до прокатки, мм

$$b_1 = 140 + 1,5 = 141,5 \text{ мм}$$

Определяем высоту ручья по формуле:

$$h_p = (0,2 \div 0,3) h_1$$

$$h_p = (0,2 \div 0,3) 140 = 42 \text{ мм}$$

Зазор между валками определяется как:

$$t = h_1 - 2h_p$$

$$t = 140 - 2 \cdot 42$$

$$t = 56 \text{ мм}$$

Ширина калибра по дну определяется по формуле:

$$b_k = (0,95 \div 1,0) b_0$$

$$b_k = (0,95 \div 1,0) 150 = 142,5 \text{ мм}$$

Определяем ширину калибра по буртам:

$$B_k = 150 + (1,25 \div 1,75) 1,5 = 151,8 \text{ мм}$$

Определяем выпуск калибра по формуле:

$$\text{tg} \gamma = \frac{B_k - b_1}{2h_p} 100\%$$

Где,  $B_k$  – ширина калибра по буртам, мм

$b$  – ширина калибра по дну, мм

$h_p$  – высота ручья, мм

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{151,8 - 142,5}{2 \cdot 42} 100\%$$

$$\operatorname{tg}\gamma = 11\%$$

Определяем радиусы закруглений по формуле

$$r_{\text{вн}} = (0,22 \div 0,25) h_p$$

$$r_{\text{вн}} = (0,22 \div 0,25) \cdot 42$$

$$r_{\text{вн}} = 10,5 \text{ мм}$$

$$r_{\text{внут}} = (0,8 \div 1,0) r_{\text{вн}}$$

$$r_{\text{внут}} = (0,8 \div 1,0) \cdot 10,5$$

$$r_{\text{внут}} = 8,4 \text{ мм}$$

Задаемся высотой второго ящичного калибра:

$$h_2 = 120 \text{ мм}$$

тогда,

$$\Delta h_3 = 150 - 120 = 30 \text{ мм}$$

Определяем уширение во втором калибре по формуле:

$$\Delta b_1 = 1,15 \frac{30}{2 \cdot 150} \sqrt{650 / 2 * 30} - \frac{30}{2 \cdot 0,45} = 2,7$$

Определяем высоту ручья по формуле:

$$h_p = (0,2 \div 0,3) h_2$$

$$h_p = (0,2 \div 0,3) \cdot 120$$

$$h_p = 36 \text{ мм}$$

Зазор между валками определяется по формуле:

$$t = h_2 - 2h_p$$

$$t = 120 - 2 \cdot 36$$

$$t = 48 \text{ мм}$$

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 определяется как:

$$B_k = b_0 + (1,25 \div 1,75) \Delta b_2$$

$$B_k = 150 + (1,25 \div 1,75) \cdot 2,7$$

$$B_k = 154 \text{ мм}$$

Определяем выпуск калибра:

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{154 - 142,5}{2 \cdot 36} 100\%$$

$$\operatorname{tg}\gamma = 15\%$$

Определяем радиусы закруглений по формуле:

$$r_{\text{внеш}} = (0,22 \div 0,25) h_p$$

$$r_{\text{внеш}} = (0,22 \div 0,25) \cdot 36$$

$$r_{\text{внеш}} = 9 \text{ мм}$$

### Форма представления результата:

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

### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

## **Тема 2.16 Производство сортовой стали на крупно-, средне- и мелкосортных станах**

### **Практическая работа № 40,41,42**

Определение часовой производительности на современном крупносортном стане 450 СЦ ПАО «ММК». Построение графика прокатки. Определение часовой производительности среднесортного стана 370 ПАО «ММК». Определение часовой производительности стана 170 ПАО «ММК»

**Цель работы:** Освоить методику расчета часовой производительности на стане 450, 370 и 170 ПАО «ММК» и построения графика прокатки.

### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- применять типовые методики определения параметров обработки металлов давлением;
- рассчитывать абсолютные, относительные и полные показатели и коэффициенты деформации.

### **Материальное обеспечение:**

Учебно-методическая документация, дидактические средства

**Задание:** рассчитать часовую производительность сортопрокатных станов по индивидуальным данным.

### **Порядок выполнения работы**

- 1 Определить часовую производительность стана 450.
- 2 Определить часовую производительность стана 370
- 3 Определить часовую производительность мелкосортного стана 170.
- 4 Построить график прокатки.

### **Ход работы:**

Определить  $A_{\text{час}}$  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  $t_n = 3 \text{ сек}$   $\hat{E}_u = 0,95$ , 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

$$P_{\text{об вал}} = \pi * i$$

$$n_{об\ вал} = 1200 \cdot 0,625 = 750 \text{ об/мин}$$

Скорость прокатки в последней клетке

$$V_{кл} = \frac{\pi \cdot D_{к} \cdot n_{об\ вал}}{60}$$

$$V_{кл} = \frac{3,14 \cdot 0,65 \cdot 780}{60} = 25,5 \text{ м/с}$$

Определим длину проката после последней клетки

$$l_{23} = l_0 \lambda_{общ}$$

$$l_{23} = 12 \cdot 23,4$$

$$l_{23} = 280,8 \text{ мм}$$

Определим машинное время

$$t_m = \frac{l_{43}}{v_{43}}$$

$$t_m = 280,8 / 25,5 = 11 \text{ с}$$

Определим время ритм

$$T_p = t_m + t_n$$

$$T_p = 11 + 3 = 14$$

Определим часовую производительность

$$A_{ч} = \frac{3600 g}{T_p} K_u l$$

$$A_{ч} = \frac{3600 \cdot 2000}{14} 0,97 \cdot 0,96$$

$$A_{ч} = 4784 \text{ т/ч}$$

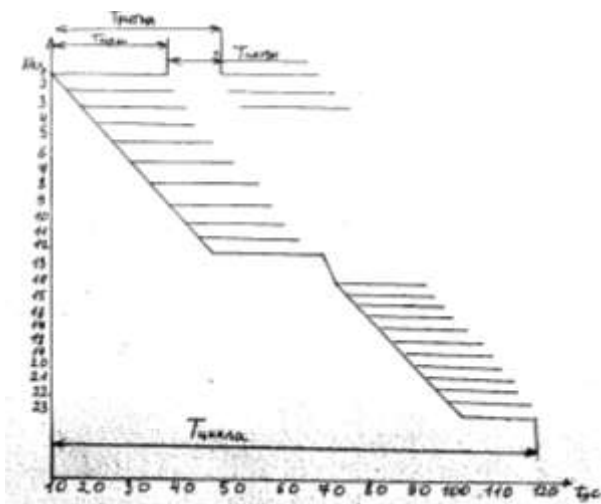


График прокатки сортового стана

### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчеты часовой производительности сортовых станов, график прокатки. Отчет предоставить в письменном виде.

### **Критерии оценки:**

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы