

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт открытого и дистанционного образования  
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

Технологические особенности прокатки стали марки 12Х18Н10Т на ПАО  
«Ашинский металлургический завод»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–22.03.02.2021.11159 ПЗ ВКР

Руководитель работы доцент  
кафедры ТТС  
\_\_\_\_\_ А.В. Мохова  
\_\_\_\_\_ 2021г.

Автор работы  
студент группы ДО – 475  
\_\_\_\_\_ М.С. Благодарный  
\_\_\_\_\_ 2021г.

Нормоконтролер,  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ О.С. Микерина  
\_\_\_\_\_ 2021г.

Челябинск,  
2021

## АННОТАЦИЯ

Благодарный М.С. Технологические особенности прокатки стали марки 12X18H10T на ПАО «Ашинский металлургический завод» - Аша: «ЮУрГУ (НИУ)», ИОДО; 2021, 52 с., 4 ил., 25 табл., библиографический список – 30 наименований, 4 листа чертежей ф.А1, 2 плаката ф.А1.

В технологической части выпускной квалификационной работы были рассмотрены: химический состав и назначение стали 12X18H10T, технические характеристики стана «1500» и кольцевой печи. Так же рассмотрена технологическая особенность прокатки данной марки стали на стане «1500».

В расчётной части произведены расчёты энергосиловых параметров прокатки на стане «1500» и потери температуры сутунки в процессе прокатки.

Так же рассмотрены возможные дефекты нагрева сутунки, дефекты прокатки металла и дефекты отделки металла. Детально разобран такой дефект, как расслоение.

Рассмотрен зарубежный опыт производства подобной продукции и возможные пути направления модернизации производства.

22.03.02.2021.11159 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Благодарный М.С.			Технологические особенности прокатки стали марки 12X18H10T на ПАО «Ашинский металлургический завод»	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Мохова А.В.					5	52
Реценз.						«ЮУрГУ (НИУ)»		
Н. Контр.		Микерина О.С.				ИОДО		
Утверд.		Виноградов К.М.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	9
1.1 Описание стали 12Х18Н10Т.....	9
1.2 Назначение сплава стали 12Х18Н10Т .....	10
1.3 Технологическая схема производства стали 12Х18Н10Т в условиях ПАО АМЗ.....	11
1.4 Выбор оборудования.....	13
1.5 Отличительные особенности прокатки марки стали 12Х18Н10Т .....	19
1.6 Контроль качества продукции.....	19
2. РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ .....	20
2.1 Расчет размеров заготовки.....	22
2.1.1 Расчёт параметров зоны деформации для сутунки .....	25
2.1.2 Расчёт параметров зоны деформации для полураската .....	29
2.1.3 Расчёт силы прокатки сутунки и потери температуры в процессе прокатки .....	32
3 ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА .....	41
3.1 Общие сведения о дефектах конечного продукта производства .....	41
3.3 Расслоения.....	43
4 ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ПОДОБНОЙ ПРОДУКЦИИ .....	44
5 ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА .....	45
6 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.....	46
6.1 Анализ опасных производственных факторов .....	46
6.2 Анализ вредных производственных факторов .....	47
6.3 Безопасность при работе с движущимися механизмами .....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	50

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного оборудования и промышленности основано на правильном использовании металла. Получение металла, имеющего необходимые физико-химические свойства, позволяет создавать различного рода сооружения. Такие как: атомные реакторы, строительные конструкции, детали двигателей и ответственных конструкций.

В XXI веке стали наиболее востребованы для техники, агрегатов и оборудования такие продукты металлургических заводов, как высококачественные стали и специальные сплавы.

Прокатка металла, самый распространённый вид обработки металла. По статистике, в мире, около 80% всей стали произведённой на металлургических заводах прокатывается. Различают как горячую прокатку, так и холодную. Вид продукции может быть: в виде листов, труб или профилей. [1]

Различие прокатки металла, от других видов обработки металла давлением, заключается в том, что металл, в процессе прокатки, деформируется непрерывно вращающимися валками. Благодаря чему, прокатка металла намного производительней, чем ковка, штамповка или прессование.

Прокат - листы и полосы, профили различных марок и трубы-стали основным источником продукции в машиностроении, строительстве и других отраслях народного хозяйства.

Прокатка - один из наиболее распространенных видов обработки металлов давлением. Она заключается в сжатии металла между двумя, реже тремя, вращающимися в разные стороны валками. Под действием сил трения заготовка затягивается в зазор между валками и сжимается по высоте. Тангенс угла захвата равен коэффициенту трения. После прокатки отношение площади поперечного сечения готового профиля равно отношению длины готового профиля к длине исходной заготовки (то есть объем не изменяется при прокатке) без учета потери предела и называется коэффициентом извлечения.

Существует три вида прокатки: Горячая-где заготовка разогревается до температуры 1000-1300°C и прокатывается, холодная-где в основном прокатываются листы и ленты. Толщина варьируется от 0,8 до 5 мм. Так же для холодной прокатки используются горячекатаные листы, с целью упрочнения металла и придания ему гладкой поверхности. Тёплая прокатка-применяется при температуре незначительно превышающую температуру холодной прокатки, с целью снижения наклёпа металла. [2]

Прокатную продукцию применяют в различных отраслях. Конструкционные марки сталей применяются для изготовления конструкций, инструментальные стали для изготовления инструментов. Так же существуют такие виды, как медицинская, углеродистая, быстрорежущая, пружинно - рессорная.

Металл, возможно, прокатывать тремя способами. Продольная прокатка, основной вид прокатки, которым прокатывается до 90% металла в России. Металл прокатывается между параллельными валками, вращающимися в разные стороны.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11159 ПЗ				

Поперечная прокатка – менее распространённый вид прокатки. Валки, вращающиеся в одинаковом направлении, постепенно сближаются. Применяют для производства прутков и других цилиндрических заготовок.

Поперечно винтовая прокатка. При прокатке данным способом, оси валков пересекаются. Данным способом прокатывают трубы.

Целью выпускной квалификационной работы стало изучение технологической особенности прокатки стали марки 12Х18Н10Т на ПАО «Ашинский металлургический завод». В связи с этим были определены задачи исследования:

1. Изучение и описание выбранной для производства в условиях ПАО «АМЗ» марки стали.
2. Изучение существующей технологии производства стали на ПАО «АМЗ».
3. Технологические особенности прокатки марки стали 12Х18Н10Т на стане 1500 ПАО «АМЗ»
4. Расчет энергосиловых параметров прокатки марки стали 12Х18Н10Т.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Описание стали 12X18H10T

### 1.1.1 Химический состав

Сталь 12X18H10T - Химический состав регламентирован ГОСТ 5632-72 нержавеющей сталей аустенитного класса. Преимущества: высокая пластичность и ударная вязкость. [3]

Химический состав стали 12X18H10T представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 12X18H10T ГОСТ 5632-72

Химический элемент	%
Кремний (Si), не более	0.8
Медь (Cu), не более	0.30
Марганец (Mn), не более	2.0
Никель (Ni)	9.0-11.0
Титан (Ti)	0.6-0.8
Фосфор (P), не более	0.035
Хром (Cr)	17.0-19.0
Сера (S), не более	0.020

### 1.1.2 Особенности сложнолегированной стали.

1. Хром повышает антикоррозийные качества.
2. Благодаря введению никеля, сталь входит в разряд аустенитов, и сочетает все технологические и эксплуатационные свойства нержавеющей сталей.
3. Введение в сплав алюминия, титана и кремния придает 12X18H10T качества ферритной стали.
4. Титан создает карбидообразующий эффект, и предотвращает риск межкристаллитной коррозии.
5. Марганец позволяет изготавливать сталь с мелкозернистой структурой.
6. Кремний увеличивает плотность и улучшает степень текучести. Но также кремний снижает пластичность, что приводит к усложнению холодной прокатки.
7. Содержание фосфора не должно превышать 0,035 %, так как он провоцирует снижение механических свойств, что усложняет использование стали в криогенной области.

## 1.2 Назначение сплава стали 12X18H10T

Сталь 12X18H10T - нержавеющая титаносодержащая сталь аустенитного класса.

Коррозионностойкая сталь 12X18H10T применяется для изготовления сварного оборудования в различных отраслях промышленности, а также конструкций, работающих в непосредственном контакте с азотной кислотой и другими окисляющими средами, некоторыми органическими кислотами средней концентрации, органическими растворителями, в атмосферных условиях и др.

12X18H10T является высокоуглеродистой стойкой к коррозии, немагнитной, титаносодержащей сталью. Группа аустенитов. Относится к сложнолегированным сплавам. За счет наличия в составе сплава хрома и никеля, эту сталь еще называют стабилизированной хромоникелевой сталью. На сегодняшний день она представляет собой самую используемую и распространенную сталь из всех марок нержавеющей стали. Главные достоинства стали 12X18H10T – высокая прочность, твердость, ударная вязкость и пластичность. Характеризуется прекрасной свариваемостью, гигиеничностью. Из преимуществ – жаростойкость и жаропрочность, криогенные качества – пределы температурных возможностей для эксплуатации (без потери свойств), огромны, от  $-196^{\circ}\text{C}$  до  $+600^{\circ}\text{C}$ . [4]

Данная марка стали, имея уникальное сочетание химических свойств и прочностных характеристик, применяется практически во всех отраслях промышленности.

Пример обозначения: Сталь 12X18H10T ГОСТ 5949-75.

Сортамент конструкционной легированной стали:

- Обработка металлов давлением. Поковки ГОСТ 25054-81;
- Сортовой и фасонный прокат. ГОСТ 2879-2006;
- Листы и полосы. ГОСТ 103-2006; ГОСТ 19904-90;
- Ленты. ГОСТ 4986-79;
- Трубы стальные и соединительные части к ним. ГОСТ 11068-81;
- Проволока стальная легированная. ГОСТ 18143-72;
- Сетки металлические. ГОСТ 3187-76; ГОСТ 3306-88;

Назначение:

За счет стойкости к агрессивным средам (кроме серосодержащих сред) она востребована в химической промышленности – при производстве сосудов, работающих под высоким давлением.

Листы 12X18H10T используют в качестве строительного, и отделочного металла. Не менее популярны трубы из 12X18H10T, поковки деталей для машиностроения, проволока, круг, лента, и пр. Проволоку используют для сварочных работ. В виде нитей или шнуров сталь подходит для изготовления сеток, пружин, тросов и канатов.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Основным недостатком является снижение коррозионной стойкости при эксплуатации материала в среде с высокой концентрацией ионов хлора. Кроме этого, коррозионная стойкость теряется в случае воздействия серной или соляной кислоты.

### 1.3 Технологическая схема производства стали 12Х18Н10Т в условиях ПАО АМЗ

В цехе ЛПЦ 2 производство начинается с получения нарядов на металл. После того, как наряд получен, сутунка необходимой марки стали сортируется, зачищается. Контролёр ОТК следит за качеством сутунки и при наличии дефектов фиксирует их.

Следующим этапом, сутунка сажается в заведомо прогретую печь, согласно технологии нагрева для данной марки стали. Нагревальщик следит за тем, чтобы не произошло перепутывания марок, учитывает время нагрева для каждой марки и очерёдность выдачи её из печи.

После того, как сутунка прогрелась до необходимой температуры, нагревальщик подает команду на прокатку. Оператор выгрузочной машины вынимает её из печи. По рольгангам сутунка поступает на стан.

На стане сутунка сначала разбивается по ширине, затем прокатывается в длину на необходимый размер. После прокатки, готовый лист делится на два типа. Горячекатаный лист. То есть после прокатки на стане 1500 он имеет готовые размеры и его больше не прокатывают. Так же второй тип- это подкат. То есть, после прокатки на стане 1500, подкат отправляется на передаточной тележке на стан 1400.

Готовый горячекатаный лист после прокатки по рольгангам попадает на ножницы с нижним резом. Листы режутся на необходимую длину, складываются в один пакет (партию). И складываются на поляне. [5]

После остывания металла, пакет ставится на сортировочный агрегат. На нём пересматривается каждый лист вручную. На этом этапе контролёр ОТК также осматривает металл на наличие визуальных дефектов и перемеряет каждый лист по длине ширине и толщине.

Следующий этап заключается в том, что весь металл с помощью передаточной тележки переправляют на участок стана 1400, в термотравильное отделение.

Термообработкой изменяют механические свойства нержавеющей стали.

При холодной прокатке на стане 1400, необходимо на каждом переделе производить термообработку, иначе съёма с металла не будет. Термообработка снижает наклёп металла. Происходит рост новых зёрен, снимается напряжение, и металл становится мягче.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11



После термообработки металл поступает в травильное отделение.

Металл травится в щелочной ванне, при помощи траверз. Травление металла является обязательным этапом в обработке металла. В процессе травления, вытравливается различного рода мусор, окалина, так же листы приобретают серый цвет.

После того как металл протравили, он поступает на сушильно моечную машину. Здесь металл, под действием пара моется и сушится. Так же сушильно моечную машину используют для нагрева листов перед прокаткой на стане 1400. Благодаря тому, что листы под прокатку тёплые, с металла снижается наклёп. Данный метод используют крайне редко, только для особо жёстких видов марок стали, такие как ВНС-16-ш.

После сушильно моечной машины, пакеты с металлом берутся в работу бригадиром участка отделки листа. Если это подкаты под стан, они ставятся на стеллаж, пересматриваются обработчиками и зачищаются от поверхностных дефектов. Затем, при наличии ушей, подрезаются на гильотинных ножницах и отправляются на стан 1400. Подкаты для стана 1400, если это много передельный металл, то каждый раз он проходит следующие этапы: прокатка на стане 1400, термообработка, травление, мойка, зачистка и сортировка. [6]

Если листы готовые со стана 1500, то они правятся на 21 либо 13 роликовой машине, затем режутся в готовый размер, пересматриваются обработчиками и контролёром ОТК, зачищаются от дефектов, комплектуются и отправляются на склад готовой продукции.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

## 1.4 Выбор оборудования

Техническая характеристика стана 1500

Общий вид стана 1500 представлен на рисунке 1.

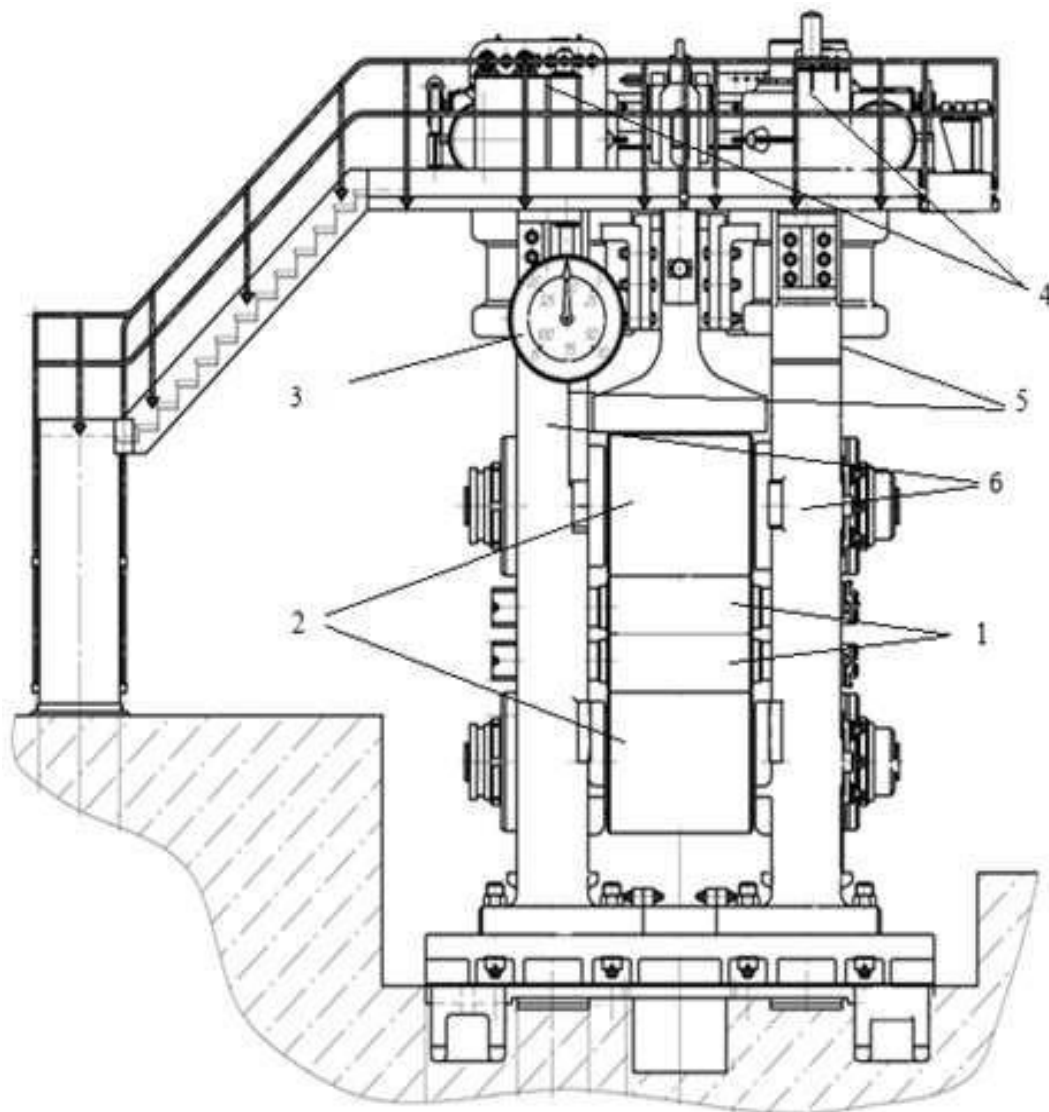


Рисунок 1 – Общий вид реверсивного стана «Кварто 1500»

- 1 – рабочие валки;
- 2 – опорные валки
- 3 – циферблат зазора между рабочими валками;
- 4 – нажимной механизм;
- 5 – нажимные винты;
- 6 – литая станина

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2021.11159 ПЗ

Лист

13

Технические характеристики стана 1500 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики стана 1500

№ п/п	Наименование параметра	Велечина
1	Наибольшее давление металла на валки, т	2000
2	Максимальный ход нажимного винта ограниченный командоапаратом, мм	150
3	Максимальный рабочий ход нажимного винта, мм	60
4	Скорость перемещения нажимного винта, мм/сек	0,2...2,4
5	Электродвигатель МП52, N = 46 кВт, n = 580 об/мин. шт	2
6	Передаточное число глобоидного редуктора A = 720 мм	11,75
7	Передаточное число глобоидного редуктора A = 300 мм	9,75
8	Общее передаточное число от электродвигателя к нажимному винту	114,5
9	Наружный диаметр/шаг нажимного винта, мм	400/24
10	Максимальный момент передаваемой электромагнитной муфтой, кгм	100
11	Колодочный электромагнитный тормоз ТКП – 300, шт.	2
12	Электродвигатель для настройки стрелок ПН – 2,5, N = 0.7 кВт, n = 2870 об/мин, шт	1
13	Диаметр опорных валков новых, мм	1400
14	Диаметр опорных валков перешлифованных мм	1300
15	Диаметр рабочих валков новых мм	600
16	Диаметр рабочих валков шлифованных мм	570
17	Длина бочки валков, мм	1500
18	Давление в системе гидроуравновешивания, атм	100
19	Давление в системе при перевалке, атм	160
20	Сечение стойки станины, см <sup>2</sup>	4750

Рабочие валки состоят из двухслойного чугуна с отбеленным верхним слоем.

Рабочие валки изготавливаются из сталей марок 9ХФ, 75ХНМ с твердостью по шору не менее 45 единиц. Рабочие и опорные валки установлены в подшипниках качения. Максимальное давление на валки составляет 22,5 МН.

Уравновешивание верхних опорного и рабочего валков гидравлическое с рабочим давлением масла в цилиндрах 9,8МПа.

Нажимные винты приводятся в движение через два глобоидных редуктора с передаточным числом 44, от двух электрических двигателей постоянного тока, имеющих мощность 45 КВт каждый.

Рабочее перемещение нажимных винтов 75 мм, максимальное перемещение 150 мм. Для контроля установленного зазора между рабочими валками стан оборудован указателем раствора валков. Клеть закрытого типа.

Валки стана установлены на четырехрядных роликоподшипниках. Смазка шеек валков производится густой смазкой П-28 от автоматической станции.

Уравновешивание валков гидравлическое при помощи восьми цилиндров, расположенных в подушках нижних валков и работающих на распор подушек. Рабочей жидкостью является маслородяная эмульсия.

Рабочая клеть оборудована нажимным механизмом комбинированного гидромеханического типа.

Стан оборудован установкой для приготовления и использования технологической смазки на стане во время прокатки. Для выравнивания сутунки и заготовки перед прокаткой стан оборудован равняющими линейками. Стан обслуживается подъемным краном грузоподъемностью 75 т; [7]

За станом расположена 11 роликовая правильная машина. Диаметр правильных роликов машины 180 мм, материал роликов - сталь 9Х, толщина листов подвергаемых правке от 2,0 до 11,0 мм, скорость правки 1,5 м/с, рекомендуемый предел текучести металла листов, подвергаемых правке до 480Н/мм<sup>2</sup>.

Перед правильной машиной расположено душирующее устройство;

Гильотинные ножницы для обрезки переднего и заднего концов прокатанных листов. Мощность двигателя привода ножниц 40 КВт. Скорость работы двигателя 90 об/мин. Максимальное давление металла на нож 100 т. Число резов в минуту 10. Максимальная толщина обрезаемых листов 18 мм. Угол наклона верхнего ножа 3,5 – 10,0°; [8]

Штабелировщик прокатанных листов, оборудованный выкатной тележкой;

Гидравлические ножницы для порезки долевой заготовки. Максимальное давление масла в гидроцилиндре 20 МПа. Длина ножа 550 мм. Максимальная толщина обрезаемой заготовки 22 мм. Максимальная ширина заготовки 400 мм;

Транспортные тележки для передачи металла между пролетами и между стана грузоподъемностью 10 т. Скорость перемещения 15,3 м/мин;

Камерные электропечи СДО - 14.20.10/12-8Л1, расположенных в модуле стана «1500» подвергаются термообработке подкаты, полу раскаты, готовые холоднокатаные и горячекатаные листы из углеродистых, конструкционных марок стали.

Назначение металла на нагрев и прокатку производит ПДБ цеха. Заготовка может быть задана в производство только принятая ОТК.

После того как ОТК приняли сутунку, её сажают в печь, температура нагрева для стали 12Х18Н10Т 1130-1160 °С, в заведомо прогретую печь. Время нагрева для данного металла, принято считать 1 минуту на 1 мм толщины сутунки. Т.е. для нашей сутунки в 50 мм толщиной, время нагрева будет 50 минут.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

## Кольцевая печь

Основное оборудование участка кольцевой печи изображено на рисунке 2.

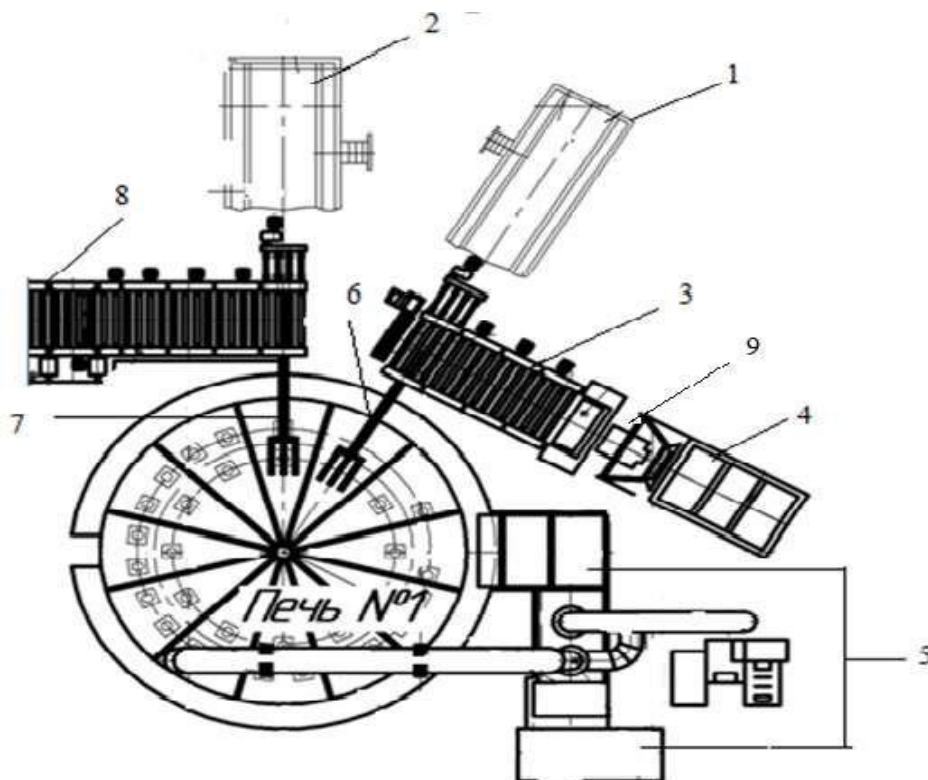


Рисунок 2 - Оборудование участка печи

Пульт управления загрузочной и выгрузочной машиной- 1 и 2

В кольцевой печи находятся два окна, первое необходимо для задачи металла при помощи клешни 6, второе окно для вынимания нагретой сутунки клешней 7

Сутунка перемещается по транспортировочному рольгангу 8

стол штабелера загрузочной машины печи (9), где она сталкивается сталкивателем – 4 на приемный рольганг – 3 и транспортируется по рольгангу к грузозахватной железной клешне – 6, с помощью которой она сажается в печь.

Краткая характеристика кольцевой печи:

Кольцевые печи- 2 шт

Диаметр печи по кладке- 10430 мм

Кладка свода- шамот, ША

Кладка подины- периклазохромитовый кирпич

Максимальная температура печи- 1220°C

Скорость вращения пода м/с- 0,4

Угол поворота за один период, град- 30

Максимальная масса сутунки- 200кг

Кольцевые печи оснащены горелками типа ГР-250 в количестве 30 шт.

Печи снабжены загрузочными и выгрузочными машинами

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2021.11159 ПЗ

Лист

16

Печь обслуживают 2 мостовых крана с грузоподъёмностью 10т. [9]

Вспомогательное оборудование:

Прокатываемую сутунку перемещают, от одного устройства к другому используя транспортное оборудование, такое как: рольганги, транспортёры, кран, манипуляторы.

Для изменения и фиксации положения валков в вертикальном и осевом направлениях и удержания их в нужном положении применяют различные механизмы:

нажимные устройства для верхнего, среднего, нижнего и вертикальных валков;

уравновешивающие устройства для верхних и средних валков;

устройства для осевой установки.

В горизонтальных клетях раствор между валками производят путём перемещения верхнего валка.

Валковая арматура — это все виды устройств и приспособлений, которые необходимы для направления и удержания в нужном положении прокатываемой полосы как при подаче к валкам, так и при выходе из валков:

вводная арматура, обеспечивающая правильную подачу (линейки, воронки, коробки, пропуски и пр. );

выводная арматура, обеспечивающая правильный выход полосы из валков (линейки, проводки);

передаточные устройства, обеспечивающие передачу полосы от одной клетки к другой, с кантовкой или без (различные трубки, геликоидальные проводки, кантующие ролики), обводная арматура, которая обеспечивает автоматическую передачу полосы из калибра в калибр как в одной клетки, так и из одной клетки в другую

К валковой арматуре, устанавливаемой с передней стороны клетки, относятся, в частности, направляющие вводные линейки, которые являются неподвижным продолжением буртов калибра. Вводные линейки обеспечивают направленную подачу полосы в валки.[10]

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

План участка стана 1500 представлен на рисунке 3.

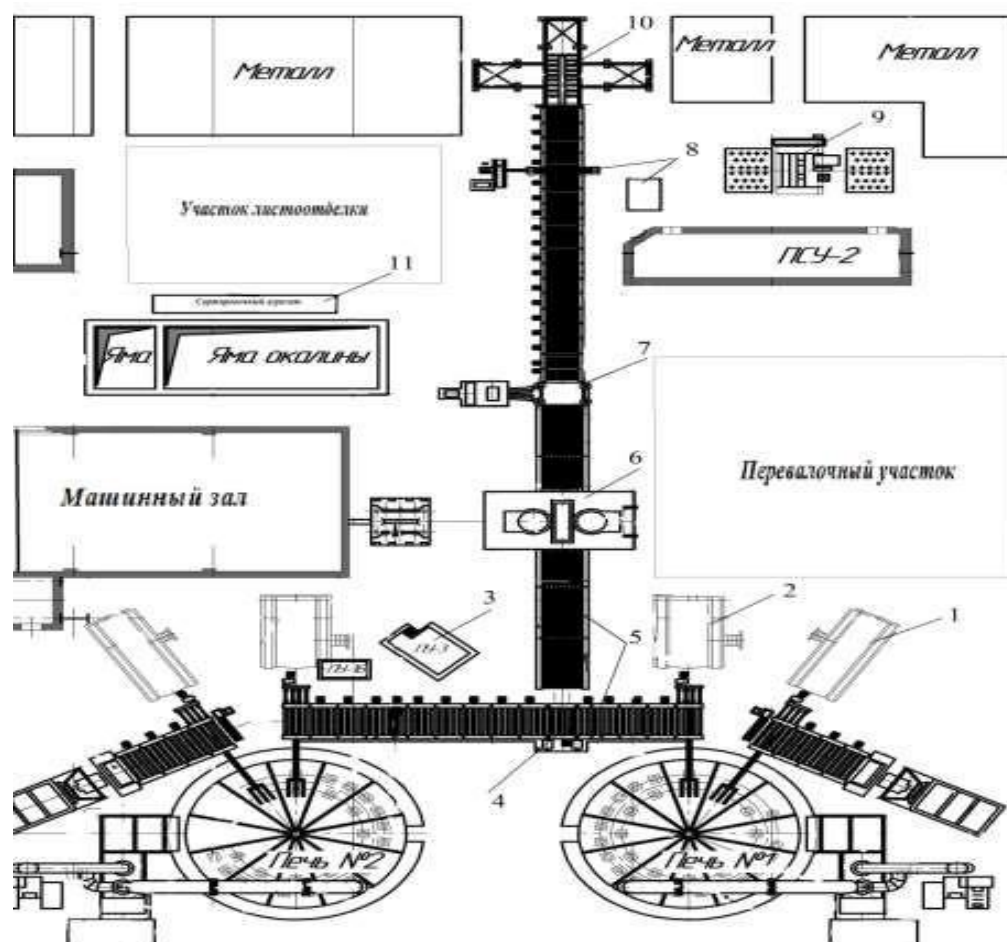


Рисунок 3 – Участок стана 1500

- 1- Загрузочная машина
- 2- Выгрузочная машина
- 3- Пульт управления станом
- 4, 5 - Рольганг перемещения нагретой сутунки к стану
- 6- Стан 1500
- 7- 11роликовая правильная машина
- 8- Ножницы с нижним резом
- 9- Гильотинные ножницы
- 11- Сортировочный участок

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2021.11159 ПЗ

Лист

18

## 1.5 Отличительные особенности прокатки марки стали 12Х18Н10Т

Как и любая сутунка, перед прокаткой сортируется и зачищается. После получения наряда на нашу сутунку, её сажают в печь. С этого момента для каждой марки стали свои условия и технологии.

Сутунку марки стали 12Х18Н10Т нагревают до температуры 1130-1160 °С, в заведомо прогретую печь. Время нагрева рассчитывается, как на 1 мм сутунки необходима 1 минута прогрева.

Данную сутунку подвергают высокому термическому воздействию, благодаря чему сутунка становится пластичной и её легко обрабатывать.

Если нарушить технологию нагрева сутунки марки стали 12Х18Н10Т, то на поверхности сутунки появится окалина, которая значительно снизит качество готового листового горячекатаного проката. Именно поэтому необходимо соблюдать температуру нагрева сутунки. За температурой сутунки следит нагревательщик.

После нагрева сутунки до необходимой температуры, она вынимается из кольцевой печи и по рольгангам поступает на реверсивный стан 1500.

Сутунка сначала разбивается по ширине, затем разворачивается и прокатывается в длину.

Сама по себе сталь 12Х18Н10Т очень пластичная. Благодаря этому на стане 1500, за один проход можно из сутунки толщиной 60мм получить сутунку толщиной 15-20 мм. Но есть и минусы, из-за высокой пластичности, существуют риски прокатать металл, выходящий из допусков по толщине.

Толщина горячекатаного листа на выходе может варьироваться теоретически от 0,4 мм (в реальности такие показатели встречаются крайне редко, в основном наименьшая толщина при горячекатаном прокате составляет 1,2) до 40 мм.

В основном продукцию из стали 12Х18Н10Т покупают в холоднокатаном виде. То есть она прокатывается на стане 1400. Со стана 1500 приходит металл в виде подката. Толщина может варьироваться от 1,7 мм до 5 мм. Подкаты отправляются на термообработку, затем травятся, моются, зачищаются от поверхностных дефектов и передаются на стан 1400. На стане 1400, данная марка стали считается мягкой. Имеется в виду, что на входе в стан, лист, имея толщину, к примеру, 1,9 мм, выйдет из стана толщиной 1,5- 1,6 мм. Для сравнения, марка стали Эи 199 на первом проходе выйдет толщиной 1,8- 1,85 мм.

## 1.6 Контроль качества продукции.

Качество готового проката принимается по ГОСТ 19903-74 (геометрическое соответствие листов), ГОСТ 26877-91 (планшетность листов, их волнистость и коробоватость), ГОСТ 65007-90 (замеры по толщине с допусками), ГОСТ 166-89 (замеры трещин и волосовин щупом их глубины). При приемке слитков и готового проката должны отсутствовать следующие дефекты, которые приведены в табл. 3.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



Таблица 3 - Основные дефекты исходной заготовки и готовой продукции

Дефекты заготовки	Дефекты готовой продукции
1. трещины (продольные и поперечные);	1. пережег (дефект нагрева)
2. плены (образуются при отливке слитка);	2. вкат;
3. песочины;	3. коробоватость листа;
4. пузыри - вздутия;	4. риска;
5. рванины (по кромкам);	5. волосовина;
	6. отпечаток;
	7. заусенец (не более 2 мм);

Основные виды и причины брака из-за нарушения технологии нагрева, а также меры по устранению и предупреждению их приведены в таблице 4.

Таблица 4- Основные виды и причины брака металла и меры по их устранению и предупреждению

Вид дефекта, брака	Причины брака	Меры по устранению и предупреждению дефекта.
Недогрев слитков, слябов (визуально).	а) низкая температура по зонам печи б) недостаточное время пребывания металла в печи.	а) повышение температуры печи по зонам, увеличением расхода топлива
Неравномерный нагрев металла по толщине или длине (визуально).	а) непрогретая монолитная подина после длительной остановки печи б) недостаточная выдержка металла в томильной зоне в) чрезмерный подсос наружного воздуха через боковые окна	а) дополнительный подогрев томильной зоны; б) изменение темпа выдачи металла из печи в) повышение давления газов в печи.
Пережег металла в печи (визуально).	а) высокие температуры по зонам печи б) нагрев в чрезмерно окислительной атмосфере печи.	а) устранение превышения температур в зонах печи;

#### Выводы по разделу

В технологической части были рассмотрены: химический состав и назначение стали 12X18H10T, технические характеристики стана «1500» и кольцевой печи. Так же рассмотрена технологическая особенность прокатки данной марки стали на стане «1500».

## 2. РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

Исходные данные:

Марка стали 12Х18Н10Т

Сутунка с размерами  $h_0=50$ мм,  $b_0=275$ мм,  $L=1010$  мм

Конечные размеры листа  $h_0=2$  мм,  $b_0=1000$ мм,  $L=2000$  мм

Размеры валков приведены в табл. 5 – Характеристика стана 1500

Таблица 5- Характеристика Стана 1500

№ п/п	Наименование параметра	Величина
1	Наибольшее давление металла на валки, т	2000
2	Максимальный ход нажимного винта ограниченный командоаппаратом, мм	150
3	Максимальный рабочий ход нажимного винта, мм	60
4	Скорость перемещения нажимного винта, мм/сек	0,2...2,4
5	Электродвигатель МП52, N = 46 кВт, n = 580 об/мин. шт	2
6	Передаточное число глобоидного редуктора A = 720 мм	11,75
7	Передаточное число глобоидного редуктора A = 300 мм	9,75
8	Общее передаточное число от электродвигателя к нажимному винту	114,5
9	Наружный диаметр/шаг нажимного винта, мм	400/24
10	Максимальный момент передаваемой электромагнитной муфтой, кгм	100
11	Колодочный электромагнитный тормоз ТКП – 300, шт.	2
12	Электродвигатель для настройки стрелок ПН – 2,5, N = 0.7 кВт, n = 2870 об/мин, шт	1
13	Диаметр опорных валков новых, мм	1400
14	Диаметр опорных валков перешлифованных мм	1300
15	Диаметр рабочих валков новых мм	600
16	Диаметр рабочих валков шлифованных мм	570
17	Длина бочки валка, мм	1500
18	Давление в системе гидроуравновешивания, атм	100
19	Давление в системе при перевалке, атм	160
20	Сечение стойки станины, см <sup>2</sup>	4750

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2021.11159 ПЗ

Лист

21

## 2.1 Расчет размеров заготовки

Исходной заготовкой для прокатки листов на стане «1500» является сутунка. Расчет размеров сутунки для прокатки листа 2×1000×2000 мм из стали марки 12Х18Н10Т (ЭЯ1Т) производится с учетом принятых коэффициентов  $k=1,255$  расхода сутунки на 1 тонну годного проката, масса годного листа  $m$ , кг находится по формуле :

$$m = h \cdot b \cdot l \cdot \rho$$

где  $h, b, l$  – толщина, ширина и длина готового листа, м.

$\rho$  – плотность готового листа, кг/м<sup>3</sup>

Так как стандартный размер сутунки 50х275х1010 мм, то вес составит:

$$m = 0,05 \cdot 0,275 \cdot 1,01 \cdot 7750 = 107,63 \text{ кг}$$

Масса сутунки  $M$ , кг определяется по формуле:

$$M = m \cdot k$$

$$M = 107,63 \cdot 1,255 = 135,1 \text{ кг}$$

Масса одного листа составит:

$$m = 0,002 \cdot 1,05 \cdot 2,1 \cdot 7750 = 34,17 \text{ кг.}$$

Масса листа  $M$ , кг определяется по формуле:

$$M = m \cdot k$$

$$M = 34,17 \cdot 1,255 = 42,8$$

Для производственных целей массу сутунки можно принять равной  $M=136$  кг.

Исходя из стандартных размеров сутунки, принят: 50х275х1010 мм.

Сутунка прокатывается с толщины 50мм до толщины в 10 мм, затем она режется в нашем случае на 3 равные части (430 мм) на ножницах с нижним резом и отправляется повторно в кольцевую печь для нагрева. После чего с толщины 10 мм она прокатывается до необходимой толщины 2 мм. [11]

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Расчёт коэффициентов деформации состоит из следующих этапов:

1) Расчёт абсолютного обжатия

$$\Delta h = h_{0i} - h_i$$

$$\Delta h_1 = 50 - 40 = 10 \text{ мм};$$

2) Определение относительного обжатия

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta h_1}{h_0}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{10}{50} = 0,2;$$

3) Расчёт общего относительного обжатия

$$\varepsilon_{\text{общ}} = 1 - \prod_1^5 (1 - \varepsilon_i),$$

$$\varepsilon_{\text{общ}1} = 1 - (1 - 0,2) = 0,2;$$

4) Определение вытяжки металла

$$\lambda_i = \frac{1}{1 - \varepsilon_i},$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{1 - 0,2} = 1,25$$

5) Определение размера листа после прохода

$$B_i = \lambda_i \cdot B_0$$

$$B_1 = 1,25 \cdot 275 = 344 \text{ мм}$$

Для начала сутунку прокатывают поперёк, для придания ей готовой ширины, затем разворачивают на 90 ° и прокатывают в длину. [12]

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Рассчитаем параметры прокатки в ширину и внесём в таблицу 6 – расчёт кинематических параметров прокатки.

Таблица 6- расчёт кинематических параметров прокатки по ширине

Номер прохода	$h_{0i}$ мм	$h_i$ М	$\Delta h_i$ мм	$\varepsilon_i$	$\varepsilon_{общ}$	$\lambda_i$	$B_{л}$ мм
1	50	40	10	0,2	0,2	1,25	344
2	40	32	8	0,2	0,84	1,25	430
3	32	26	6	0,19	0,32	1,23	529
4	26	21	5	0,19	0,74	1,24	655
5	21	17	4	0,19	0,4	1,24	809
6	17	14	4	0,24	0,69	1,31	1058

После того как мы получили необходимую ширину сутунки, её прокатывают в длину.

Полученные данные сведём в табл. 7 – расчёт кинематических параметров прокатки в длину.[13]

Таблица 7- расчёт кинематических параметров прокатки в длину

Номер прохода	$h_{0i}$ мм	$h_i$ мм	$\Delta h_i$ мм	$\varepsilon_i$	$\varepsilon_{общ}$	$\lambda_i$	$L_{л}$ мм
7	14	11	2	0,14	0,43	1,17	1182
8	11	10	1	0,09	0,57	1,10	1300

После того как мы получили сутунку толщиной 10мм, она поступает по рольгангам через правильную машину, затем сутунка режется на ножницах с нижним резом, в нашем случае на 3 равные части каждая по 430 мм и поступает к штабелёру. После того как контролёр ОТК проверит качество раската, сутунка поступает в кольцевую печь и нагревается так же до 1160 °С. Далее сутунка опять поступает на стан и прокатывается до толщины 2мм.

Данные расчёта кинематических параметров сведём в таблицу 8- расчёт кинематических параметров полураската в длину.

Таблица 8- расчёт кинематических параметров полураската в длину.

Номер прохода	$h_{0i}$ мм	$h_i$ мм	$\Delta h_i$ мм	$\varepsilon_i$	$\varepsilon_{\text{общ}}$	$\lambda_i$	$L_{\text{л}}$ мм
1	10	7	3	0,3	0,3	1,43	615
2	7	5	2	0,29	0,79	1,4	861
3	5	3	2	0,40	0,44	1,67	1438
4	3	2	1	0,33	0,74	1,5	2157

И так у нас получились 3 листа размерами 2x1050x2157 мм. После порезки листы будут иметь размеры 2x1000x2000 мм.

### 2.1.1 Расчёт параметров зоны деформации для сутунки

Расчёт параметров зоны деформации сводится к следующим этапам:

1) Расчёт угла захвата

$$\alpha_i = \sqrt{\frac{\Delta h_i}{R_p}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{10}{300}} = 0.18 \text{ рад.}$$

2) Определение длины дуги захвата без учёта упругого сплющивания

$$\text{валков } l_{di} = \alpha \cdot R_p$$

$$l_d = 0.18 \cdot 300 = 54,7 \text{ мм}$$

3) Расчёт площади контакта металла с прокатными валками

$$F_{ki} = b_{\text{ср}} \cdot l_{di}$$

$$F_{k1} = 585,7 \cdot 54,7 = 3208 \text{ мм}^2 = 0,032 \text{ м}^2$$

4) Средняя скорость деформации при продольной прокатке

$$v_{cp} = \frac{v_1}{l} \cdot \frac{\Delta h}{h_0}$$

Где  $v_1$  – скорость выхода металла из валков

$h_0$  - высота сечения металла перед входом в валки,

$$v_{cp} = \frac{3 \cdot 10}{54,7 \cdot 50} = 0,011 \text{ с}^{-1}$$

Результаты расчётов представлены в табл.9 и таблице 10 расчёт параметров зоны деформации по ширине и длине. [14]

Таблица 9 Расчёт параметров зоны деформации при прокатке по ширине

Номер прохода	$\alpha_i$ рад	$l_{ди}$ мм	$F_{ki}$ м <sup>2</sup>	$v_1$	$\frac{\Delta h}{h_0}$	$v_{cp} \text{ с}^{-1}$
1	0,183	54,77	0,032	3,508	0,20	0,013
2	0,163	48,99	0,029	3,4	0,20	0,014
3	0,141	42,43	0,025	2,54	0,19	0,011
4	0,129	38,73	0,023	2,5	0,19	0,012
5	0,115	34,64	0,020	2,478	0,19	0,014
6	0,115	34,64	0,020	2,42	0,24	0,016

Таблица 10 Расчёт параметров зоны деформации при прокатке в длину

Номер прохода	$\alpha_i$ рад	$l_{ди}$ мм	$F_{ki}$ м <sup>2</sup>	$v_1$	$\frac{\Delta h}{h_0}$	$v_{cp} \text{ с}^{-1}$
7	0,082	24,49	0,029	2,37	0,14	0,014
8	0,058	17,32	0,021	2,33	0,09	0,012

Соппротивление пластической деформации материала полосы при нагреве до 1160 °С и обжатии при  $\varepsilon = 0,5$  равно

$$\sigma = 325 \cdot \frac{0,2^{0,28} \cdot 8,466^{0,087}}{e^{0,0028 \cdot 1160}} \cdot 9,81 = 94,7 \text{ МПа.}$$

Контактное давление металла на валки определяется по формуле А. И. Целикова:

$$p_{\text{ср}} = 1,15n'_\sigma n''_\sigma n'''_\sigma n_b \sigma$$

Коэффициент  $n'_\sigma$  учитывающий влияние внешнего трения, рассчитывается в зависимости от отношения  $\frac{l_d}{h_{\text{ср}}}$ . Формулы для определения  $n'_\sigma$  представлены в табл. 9

Находим  $n'_\sigma$  по формуле

$$2 > \frac{l_d}{h_{\text{ср}}} > 1, \text{ следовательно } n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{l_d}{h_{\text{ср}}}$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_0 + h}{2}$$

Где  $n'_\sigma = 1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{54,77}{45} = 1,21$

Формулы для определения  $n'_\sigma$  представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Формулы для определения  $n'_\sigma$

Вид прокатки			
	1..2	2..4	Свыше 4
Горячая	$n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{l}{h_{\text{ср}}}$	$n'_\sigma = \frac{2h_H}{\Delta h \cdot (\delta - 1)} \left[ \left( \frac{h_H}{h_1} \right)^\delta - 1 \right]$ $\frac{h_H}{h_1} = \left[ \frac{1 + \sqrt{1 + (\delta^2 - 1) \cdot (h_0/h_1)^\delta}}{\delta + 1} \right]^{1/\delta}$	$n'_\sigma = 1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{l_d}{h_{\text{ср}}}$

Коэффициент, учитывающий влияние внешних зон

$$n''_\sigma = \left( 0,4 \cdot \frac{h_0 b_0}{h_1 b_1} + 0,6 \right) \cdot \left( \frac{l}{h} \right)^{-0,4}$$

$$n''_\sigma = (0,4 \cdot 1 + 0,6) \cdot (1,22)^{-0,4} = 0,924$$



Прокатка осуществляется без натяжения, поэтому  $n''_{\sigma} = 1$

Коэффициент, учитывающий изменение влияния внешнего трения в связи с уширением

$$n_b = \frac{1 + \frac{3 \cdot b_{cp} - l}{3 \cdot b_{cp}} \cdot \frac{l}{4 \cdot h_{cp}}}{1 + \frac{l}{4 \cdot h_{cp}}}$$

$$n_b = \frac{1 + \frac{3 \cdot 1000 - 86,6}{3 \cdot 1000} \cdot \frac{86,6}{4 \cdot 37,5}}{1 + \frac{86,6}{4 \cdot 37,5}} = 0,989$$

Результаты расчёта коэффициентов представлены в табл.12 и табл. 13 [15]

Таблица 12- Расчёт коэффициентов, средней скорости и опережения при прокатке по ширине

Номер прохода	$h_{cp}$	$n'_{\sigma}$	$n''_{\sigma}$	$n_b$	$v_{cp}$	s
1	45	1,21	0,924	0,993	3,508	1,508
2	36	1,23	0,884	0,993	3,4	1,4
3	29	1,25	0,859	0,994	2,5	0,5
4	23,5	1,28	0,819	0,994	2,54	0,54
5	19	1,31	0,786	0,994	2,478	0,478
6	15,5	1,38	0,704	0,993	2,4	0,4

Таблица 13- Расчёт коэффициентов, средней скорости и опережения при прокатке в длину

Номер прохода	$h_{cp}$	$n'_{\sigma}$	$n''_{\sigma}$	$n_b$	$v_{cp}$	s
7	12,5	1,33	0,791	0,998	2,35	0,35
8	10,5	1,28	0,771	0,999	2,3	0,3

## 2.1.2 Расчёт параметров зоны деформации для полураската

Расчёт параметров зоны деформации сводится к следующим этапам:

### 1) Расчёт угла захвата

$$\alpha_i = \sqrt{\frac{\Delta h_i}{R_p}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{3}{300}} = 0.1 \text{ рад.}$$

### 2) Определение длины дуги захвата без учёта упругого сплющивания

$$\text{валков } l_{di} = \alpha \cdot R_p$$

$$l_d = 0.1 \cdot 300 = 30 \text{ мм}$$

### 3) Расчёт площади контакта металла с прокатными валками

$$F_{ki} = b_{cp} \cdot l_{di}$$

$$F_{k1} = 1100 \cdot 30 = 3300 \text{ мм}^2 = 0,033 \text{ м}^2$$

### 4) Средняя скорость деформации при продольной прокатке

$$v_{cp} = \frac{v_1}{l} \cdot \frac{\Delta h}{h_0}$$

Где  $v_1$  – скорость выхода металла из валков [16]

$h_0$  – высота сечения металла перед входом в валки,

$$v_{cp} = \frac{3,508 \cdot 3}{30 \cdot 10} = 0,035 \text{ с}^{-1}$$

Результаты расчётов представлены в табл.14 расчёт параметров зоны деформации

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблица 14 Расчёт параметров зоны деформации при прокатке в длину

Номер прохода	$\alpha_i$ рад	$l_{di}$ мм	$F_{ki}$ м <sup>2</sup>	$v_1$	$\frac{\Delta h}{h_0}$	$v_{cp} c^{-1}$
1	0,100	30	0,033	3,508	0,30	0,035
2	0,082	24,495	0,027	3,4	0,29	0,040
3	0,082	24,495	0,027	2,54	0,40	0,041
4	0,058	17,32	0,019	2,5	0,33	0,048

Сопротивление пластической деформации материала полосы при нагреве до 1160 °С и обжатии при  $\varepsilon = 0,3$  равно

$$\sigma = 325 \cdot \frac{0,3^{0,28} \cdot 8,466^{0,087}}{e^{0,0028 \cdot 1160}} \cdot 9,81 = 106,1 \text{ МПа.}$$

Контактное давление металла на валки определяется по формуле А. И. Целикова: [17]

$$p_{cp} = 1,15 n'_\sigma n''_\sigma n'''_\sigma n_b \sigma$$

Коэффициент  $n'_\sigma$  учитывающий влияние внешнего трения, рассчитывается в зависимости от отношения  $\frac{l_d}{h_{cp}}$ . Формулы для определения  $n'_\sigma$  представлены в табл. 15

Находим  $n'_\sigma$  по формуле

$$2 > \frac{l_d}{h_{cp}} > 1, \text{ следовательно } n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{l_d}{h_{cp}}$$

$$h_{cp} = \frac{h_0 + h}{2}$$

Где  $n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{30}{8,5} = 1,58$

Формулы для определения  $n'_\sigma$  представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Формулы для определения  $n'_\sigma$

Вид прокатки			
	1..2	2..4	Свыше 4
Горячая	$n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{l}{h_{cp}}$	$n'_\sigma = \frac{2h_H}{\Delta h \cdot (\delta - 1)} \left[ \left( \frac{h_H}{h_1} \right)^\delta - 1 \right].$ $\frac{h_H}{h_1} = \left[ \frac{1 + \sqrt{1 + (\delta^2 - 1) \cdot (h_0/h_1)^\Delta}}{\delta + 1} \right]^{1/\delta}$	$n'_y = 1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{l_D}{h_{cp}}$

Коэффициент, учитывающий влияние внешних зон

$$n''_\sigma = \left( 0,4 \cdot \frac{h_0 b_0}{h_1 b_1} + 0,6 \right) \cdot \left( \frac{l}{h} \right)^{-0,4}$$

$$n''_\sigma = (0,4 \cdot 0,998 + 0,6) \cdot (3,53)^{-0,4} = 0,604$$

Прокатка осуществляется без натяжения, поэтому  $n'''_\sigma = 1$

Коэффициент, учитывающий изменение влияния внешнего трения в связи с уширением

$$n_b = \frac{1 + \frac{3 \cdot b_{cp} - l}{3 \cdot b_{cp}} \cdot \frac{l}{4 \cdot h_{cp}}}{1 + \frac{l}{4 \cdot h_{cp}}}$$

$$n_b = \frac{1 + \frac{3 \cdot 1100 - 30}{3 \cdot 1100} \cdot \frac{30}{4 \cdot 8,5}}{1 + \frac{30}{4 \cdot 8,5}} = 0,996$$

Результаты расчёта коэффициентов представлены в табл.16

Таблица 16- Расчёт коэффициентов, средней скорости и опережения при прокатке в длину

Номер прохода	$h_{cp}$	$n'_\sigma$	$n''_\sigma$	$n_b$	$v_{cp}$	s
1	8,5	1,60	0,604	0,996	3,508	1,508
2	6	1,69	0,570	0,996	3,4	1,4
3	4	2,04	0,484	0,996	2,5	0,5
4	2,5	2,18	0,461	0,997	2,54	0,54

2.1.3 Расчёт силы прокатки сутунки и потери температуры в процессе прокатки  
Проведём расчёт силы прокатки по следующей формуле:

$$P = p_{cp} \cdot F,$$

$$P = 120,9 \cdot 0,032 = 3,86 \text{ МН}$$

При выходе рабочей клетки температура полосы изменится вследствие влияния многих факторов. Рассчитаем некоторые из них.

Расчёт будет производиться для центральной точки по длине сутунки.

Из условия мы знаем, что сутунка нагревается в кольцевой печи, до температуры 1160 °С. После нагрева сутунка перемещается по рольгангам к рабочей клетки стана 1500. В процессе перемещения сутунки от печи к стану, происходят потери тепла в окружающую среду. [18]

В нашем случае, время охлаждения в процессе транспортировки от печи до клетки будет определяться временем транспортировки

$$\tau_{охл1} = \frac{L}{v_{тр}} + \frac{l_0/2}{v_0}$$

$$\tau_{охл1} = \frac{12,8}{1,7} + \frac{1,01/2}{3,508} = 7,67 \text{ с}$$

где  $\tau_{охл1}$  – время охлаждения металла при транспортировке его от печи до клетки, с;

$L$  – расстояние от печи до клетки, м;

$v_{тр}$  – скорость транспортировки заготовки от печи до клетки, м/с;

После того как мы рассчитали время охлаждения металла, мы можем определить температуру сутунки перед первым проходом. Температуры будем определять сразу в градусах Цельсия. [19]

$$T_{изл1} = \frac{1000}{\sqrt[3]{\frac{0,0534 \cdot \tau_{охл1}}{h_0} + \left(\frac{1000}{T_0 + 273}\right)^3}} - 273$$

$$T_{изл1} = \frac{1000}{\sqrt[3]{\frac{0,0534 \cdot 7,65}{50} + \left(\frac{1000}{1160 + 273}\right)^3}} - 273$$
$$T_{изл1} = 1148,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

И так, мы узнали, что сутунка входит в клеть при температуре 1148,6 °С.

Теперь определим потери тепла при контакте с валками. Температуру валков примем 80 °С.

Таким образом, падение температуры при контакте с валками в первом проходе

$$\Delta T_{кв1} = \frac{4,87}{h_0 + h_1} * (T_{изл1} - T_в) * \sqrt{\frac{2 * h_0 * l_{d1}}{1000 * (h_0 + h_1) * v_{ср}}}$$

$$\Delta T_{кв1} = \frac{4,87}{50 + 40} * (1148,6 - 80) * \sqrt{\frac{2 * 50 * 54,77}{1000 * (50 + 40) * 3,508}}$$

$$\Delta T_{кв1} = 7,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тогда деформационный разогрев в первом проходе будет равен

$$\Delta T_{деф1} = 0,85 \cdot \frac{\rho_{ср1}}{c_{п} \cdot \rho_{п}} * \ln \frac{h_0}{h_1}$$

$$\Delta T_{деф1} = 0,85 \cdot \frac{120,6 \cdot 10^6}{683,2 \cdot 7850} * \ln \frac{50}{40}$$

$$\Delta T_{деф1} = 4,27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Зная потери температуры при контакте с валками и деформационный разогрев, найдём температуру сутунки при выходе из клетки после первого прохода.

$$T_{M1} = T_{изл1} - \Delta T_{кв1} + \Delta T_{деф1}$$

$$T_{M1} = 1148,6 - 7,62 + 4,27 = 1145,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

После выхода из клетки в первом проходе, сутунка охлаждается за счёт излучения, поэтому температуру сутунки перед входом в клетку на втором проходе определяем по той же формуле.

$$T_{изл2} = \frac{1000}{\sqrt[3]{\frac{0,0534 \cdot \tau_{охл2}}{h_1} + \left(\frac{1000}{T_{M1} + 273}\right)^3}} - 273$$

где  $\tau_{охл2}$  – время охлаждения металла перед вторым проходом, с.

Время охлаждения раската будет равно

$$\tau_{охл2} = \frac{l_1/2}{v_1} + \tau_n + \frac{l_2/2}{v_2}$$

где  $\tau_{вых1}$  – время выхода полосы из клетки в первом проходе, с;

$\tau_n$  – время паузы, с;

$\tau_{вх2}$  – время входа полосы в клетку при втором проходе, с,

Время паузы принимаем 3 с.

Тогда

$$\tau_{охл2} = \frac{0,34/2}{3,508} + 3 + \frac{0,43/2}{3,4}$$

$$\tau_{охл2} = 3,14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Температура металла перед вторым проходом

$$T_{\text{изл2}} = \frac{1000}{\sqrt[3]{\frac{0,0534 \cdot 3,14}{40} + \left(\frac{1000}{1145,25 + 273}\right)^3}} - 273$$

$$T_{\text{изл2}} = 1140 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для остальных проходов расчёт производился аналогично.

Все результаты расчета сведены в таблицу 17.

Таблица 17 – Изменение температуры в ходе прокатки

Номер прохода	Температура металла перед входом в клеть, °С	Падение температуры при контакте с валками, °С	Деформационный разогрев, °С	Температура металла на выходе из клетки, °С
1	1148,8	7,62	4,27	1145,5
2	1139,8	9,07	4,16	1134,9
3	1128,0	12,04	3,75	1119,7
4	1111,3	13,88	3,80	1101,3
5	1091,9	16,12	3,68	1079,5
6	1068,6	19,54	3,38	1052,4
7	1040,0	20,21	3,99	1023,8
8	1009,3	19,14	1,30	991,4

Аналогично произведём расчёт для полураската при прокатке с 10мм до 2мм и сведём полученные данные в табл. 18



Таблица 18 – Изменение температуры в ходе прокатки

Номер прохода	Температура металла перед входом в клеть, °С	Падение температуры при контакте с валками, °С	Деформационный разогрев, °С	Температура металла на выходе из клетки, °С
1	1107,0	29,51	6,63	1084,1
2	1113,8	38,47	6,17	1081,5
3	1090,2	68,06	10,53	1032,7
4	1045,5	85,06	8,08	968,5

Расчёт давления и силы прокатки с учётом упругого сплющивания прокатных валков.

Рассчитаем давление и силу прокатки, для чего по формуле и определим приращение длины дуги захвата, мм, в результате сплющивания

$$x_0 = c_B \cdot P_{cp} \cdot R_p$$

Где  $c_B$  – упругая постоянная материала рабочих валков

$$c_B = 16 \cdot \frac{1 - \mu_{\Pi}^2}{\pi \cdot E}$$

$$\mu_{\Pi} = 0,3 = const$$

Для стали  $E=2,15 \cdot 10^5$  МПа

$$c_B = 2,16 \cdot 10^{-5}, \text{ м}^2/\text{МН}$$

$$x_{01} = 2,16 \cdot 10^{-5} \cdot 120,6 \cdot 300 = 0,78 \text{ мм}$$

Рассчитаем длину дуги захвата с учётом упругого сплющивания прокатных валков

$$l_c = x_{01} + \sqrt{x_0^2 + l_d^2}$$

$$l_c > l_d$$

$$l_c = x_{01} + \sqrt{x_0^2 + l_d^2} = 0,78 + \sqrt{0,78^2 + 54,77^2} = 55,5 \text{ мм}$$

Определим площади контакта металла с валками с учётом упругого сплющивания

$$F_k = b_{cp} \cdot l_c$$

$$F_{k1} = b_{cp} \cdot l_{c1} = 585,7 \cdot 55,5 = 32500 \text{ мм}^2 = 0,0335 \text{ м}^2$$

Результаты расчётов параметров зоны деформации с учётом упругого сплющивания валков сведены в табл. 19, 20, 21.

Таблица 19 - Расчёт параметров зоны деформации с учётом упругого сплющивания валков при прокатке сутунки по ширине

Номер прохода	$x_0$ , мм	$l_c$ , Мпа	$F_k^c$ , м <sup>2</sup>
1	0,782	55,56	0,0325
2	0,763	49,76	0,0291
3	0,739	43,17	0,0253
4	0,727	39,46	0,0231
5	0,713	35,36	0,0207
6	0,713	35,36	0,0207

Таблица 20 - Расчёт параметров зоны деформации с учётом упругого сплющивания валков при прокатке сутунки в длину

Номер прохода	$x_0$ , мм	$l_c$ , Мпа	$F_k^c$ , м <sup>2</sup>
7	0,676	25,18	0,0277
8	0,558	17,89	0,0197

Таблица 21 - Расчёт параметров зоны деформации с учётом упругого сплющивания валков при прокатке полураската в длину

Номер прохода	$x_0$ , мм	$l_c$ , Мпа	$F_k^c$ , м <sup>2</sup>
1	0,760	30,77	0,0338
2	0,750	25,26	0,0278
3	0,843	25,35	0,0279
4	0,815	18,15	0,0200

Коэффициент, учитывающий влияние внешнего трения при средней толщине полосы с учётом сплющивания валков

$$n'_\sigma = 1 + \frac{1}{(4 \dots 6)} \cdot \frac{l}{h_{\text{ср}}}$$

$$n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{55,56}{45} = 1,2$$

Коэффициент, учитывающий влияние внешних зон с учётом упругого сплющивания

$$n''_\sigma = \left( 0,4 \cdot \frac{h_0 b_0}{h_1 b_1} + 0,6 \right) \cdot \left( \frac{l}{h_{\text{ср}}} \right)^{-0,4}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$n''_{\sigma} = \left(0,4 \cdot \frac{275 \cdot 50}{40 \cdot 344} + 0,6\right) \cdot \left(\frac{55,56}{45}\right)^{-0,4} = 0,919$$

Прокатка осуществляется без натяжения, поэтому  $n'''_{\sigma} = 1$

Коэффициент, учитывающий изменение влияния внешнего трения в связи с уширением

$$n_b = \frac{1 + \frac{3 \cdot b_{cp} - l}{3 \cdot b_{cp}} \cdot \frac{l}{4 \cdot h_{cp}}}{1 + \frac{l}{4 \cdot h_{cp}}}$$

$$n_b = \frac{1 + \frac{3 \cdot 1000 - 55,56}{3 \cdot 1000} \cdot \frac{55,56}{4 \cdot 45}}{1 + \frac{55,56}{4 \cdot 45}} = 0,993$$

Расчёт среднего давления с учётом сплющивания валков

$$p_{cp}^c = 1,15 n'_{\sigma} n''_{\sigma} n'''_{\sigma} n_b \sigma$$

$$p_{cp1}^c = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 0,919 \cdot 0,993 \cdot 1 \cdot 94,7 = 120,22 \text{ МПа}$$

Сила прокатки с учётом сплющивания валков

$$P^c = p_{cp}^c \cdot F_k^c$$

$$P_1^c = p_{cp1}^c \cdot F_{k1}^c = 120,22 \cdot 0,0325 = 3,91 \text{ МН}$$

Расчёт давления и силы прокатки с учётом упругого сплющивания валков приведены в табл.22, 23 и 24

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Таблица 22- Расчёт давления и силы прокатки с учётом упругого сплющивания валков

Номер прохода	$n'_\sigma$	$n''_\sigma$	$n_b$	$p_{cp}^c$	$P^c$
1	1,210	0,919	0,993	120,22	3,91
2	1,235	0,879	0,993	117,32	3,42
3	1,253	0,853	0,993	113,56	2,87
4	1,285	0,813	0,993	111,81	2,58
5	1,316	0,780	0,994	109,61	2,27
6	1,388	0,698	0,993	109,69	2,27

Таблица 23- Расчёт давления и силы прокатки с учётом упругого сплющивания валков

Номер прохода	$n'_\sigma$	$n''_\sigma$	$n_b$	$p_{cp}^c$	$P^c$
1	1,342	0,782	0,998	103,83	2,88
2	1,290	0,808	0,998	90,89	1,79

Таблица 24- Расчёт давления и силы прокатки с учётом упругого сплющивания валков

Номер прохода	$n'_\sigma$	$n''_\sigma$	$n_b$	$p_{cp}^c$	$P^c$
1	1,615	0,597	0,996	117,24	3,97
2	1,716	0,338	0,996	69,45	1,93
3	2,077	0,287	0,995	78,39	2,19
4	2,235	0,271	0,996	75,96	1,52

Максимальное давление на валки составляет 22 МН. По полученным расчётам мы получили наибольшее давление 3,97 МН. Что говорит нам о том, что рассчитанное давление на валок не превышает допустимого, что соответствует условию. [20]

## Выводы по разделу

Исходная сутунка имеет размеры 50x275x1010 мм

После того как её нагрели в кольцевой печи до 1160 °С, она поступает на стан и прокатывается сначала по ширине, а потом в длину.

Согласно расчетам, сведённым в таблицу 6 и 7, ширина сутунки после первого прохода будет 344 мм, после шестого прохода 1058 мм. Затем раскат поворачивают и прокатывают в длину. После первого прохода длина будет 1182 мм, после второго прохода 1300 мм. После того как сутунку прокатали до толщины 10 мм, её правят, режут на 3 равные части по 430 мм, сортируется, зачищается и отправляется повторно в печь. Затем прокатывается до необходимой толщины 2 мм. И так у нас с одной сутунки получилось 3 листа, с размерами 2x1058x2157 мм, после того как его порежут в размер, лист будет иметь размеры 2x1000x2000 мм.

Так же рассчитали изменения температуры сутунки при прокатке.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

### 3 ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА

#### 3.1 Общие сведения о дефектах конечного продукта производства

Чтобы определить качество металла, необходимо знать состояние поверхности и структуру металла, дефекты, которые могут возникнуть при производстве стали.

Дефекты подразделяют на наружные и внутренние. Первые выявляют при визуальном осмотре, вторые удастся обнаружить только с помощью специальных приборов.

Существуют такие дефекты конечного продукта, в нашем случае готового листового проката, как расслоения, раковины, плёны, выход из допусков по размерам и толщине листа. Так если раковины и плёны можно устранить с помощью шлифовальной машинки, то расслой и выход из допусков по размерам является неустраняемым дефектом. [21]

Так же скрытые дефекты выявляют с помощью УЗК (Ультразвуковой контроль). УЗК листового проката производят в соответствии с заказом потребителя для выявления внутренних несплошностей металла типа расслоений, пузырей, скоплений неметаллических включений, закатов и определения их условных или эквивалентных размеров.

#### 3.2 Виды дефектов прокатного происхождения

В процессе горячей прокатки могут возникнуть дефекты, которые подразделяют на три вида.

##### 1. Дефект нагрева сутунки

К нему относятся такие дефекты как: окалинообразование, пережог либо перегрев стали. Внутренние трещины и обезуглероживание поверхностного слоя. Окалинообразование в обычных условиях невозможно исключить, из-за чего потери металла составляют в среднем 1-2 %. Обезуглероживание поверхностного слоя происходит вследствие выгорания углерода. Для обычных марок стали этот дефект не является браком. Но для сталей спец. назначения, к примеру, инструментальные или конструкционные, этот дефект подлежит удалению.

Перегрев и пережог.

При перегреве, в металле начинается процесс значительного роста зерна, что в свою очередь приводит к снижению свойств стали. Данный дефект можно исправить путём дополнительной термообработки. В то время как пережог является неустраняемым дефектом и появляется он в результате превышения заданной температуры нагрева для металла. Так же происходит оплавление зёрен.

Внутренние трещины.

Данный дефект может образоваться в результате резкого перепада температур, как вследствие охлаждения, так и нагрева. Чаще данный дефект встречается в марках стали с низкой пластичностью и теплопроводимостью.

##### 2. Дефекты прокатки металла.

К основным дефектам прокатки относят: трещины, риски, усы, закат, флокены, искажение геометрических форм листа.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Трещины. Существует два вида трещин: продольные и поперечные. Первые возникают при поверхностных дефектах валков обжимных клетей. Вторые возникают вследствие повышенных обжатий сутунки при свободном уширении.

Риски и царапины. Возникают в результате механических повреждений листа об проводку, наварами от валков.

Усы, заусенцы и полосы возникают по причине неправильной настройки валков.

Флокены-это мелкие трещины, которые образуются при ускоренном охлаждении металла и выделении водорода.

Искажение геометрической формы раската. В продольном - это разнотолщинность, серповидность и волнистость. В поперечном – это овальность круга и ромбовидность квадрата.

### 3. Дефекты отделки.

К таким дефектам относят косой рез, заусенцы, царапины.

Косой рез возникает вследствие неправильной порезки листа на ножницах. Заусенцы образуются в результате неправильной настройке зазора между ножами на ножницах.

Помимо вышперечисленного, находят множество других дефектов, образующихся на разных этапах обработки металла. Например, дефекты химического состава, механических свойств, структуры и т. д.

Исходя из практических данных, можно отметить, что в условиях прокатного производства практически невозможно устранить дефекты сталеплавильного происхождения (за исключением плен с небольшой глубиной залегания, которые можно удалить зачисткой). А дефекты прокатного производства невозможно получить, если соблюдать технологические инструкции по нагреву заготовок, прокатке и отделке готовой продукции. [22]

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

### 3.3 Расслоения

Расслоения – нарушения сплошности внутри прокатанного металла, представляющие собой раскатанные крупные дефекты слитка (глубокие усадочные раковины, усадочная пористость, скопления пузырей или неметаллических включений).

Характерным для расслоения является то, что поверхность нарушения сплошности параллельна плоскости прокатки. Так, раскатанные скопления неметаллических включений дают внутреннюю прослойку, разделяющую лист или профиль на две, три или более частей. [23]

Данный дефект можно обнаружить при порезке листа на готовый размер. Так же расслоение может сопровождаться вздутием поверхности.

Чтобы избежать данного дефекта необходимо соблюдать следующие условия:

1. Соблюдать технологию выплавки, раскисления и внепечной обработки стали.
2. Не допускать превышения вредных примесей в стали Таких как сера и фосфор.
3. Проводить разливку с оптимальной температурой, скоростью и охлаждением.

Пример расслоения на листовом прокате приведён на рисунке 4.

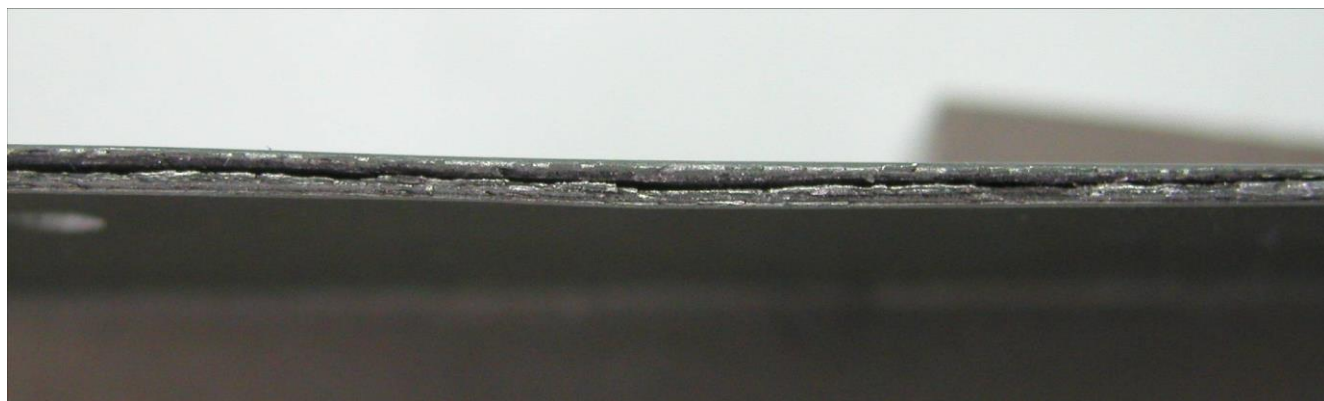


Рисунок 4- Расслоение на металлическом листе

#### Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрены возможные дефекты конечного продукта.

Существуют такие дефекты конечного продукта, в нашем случае готового листового проката, как расслоения, раковины, плёны, выход из допусков по размерам и толщине листа. Так если раковины и плёны можно устранить с помощью шлифовальной машинки, то расслой и выход из допусков по размерам является неустраняемым дефектом.

Более подробно рассмотрен такой дефект, как расслоение на листовом прокате.



#### 4 ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ПОДОБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Зарубежные аналоги стали 12X18Н10Т представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Аналоги марки стали 12X18Н10Т

Страна	Марка	Национальный стандарт
Россия	12X18Н10Т	Стандарт РФ
США	321, 321Н	AISI США
Германия	1.4541, 1.4878	DIN Германия
Япония	SUS321	JIS Япония
Швеция	2332/33, 2337	SIS Швеция
Великобритания	304S31, 321S31	BS Великобритания
США	S30400, S32100	UNS США

Технология производства и оборудование прокатного производства.

Широкополосные станы горячей прокатки, работающие за рубежом, являются многоклетьевыми и имеют длину бочки рабочих валков от 1700 до 2500 мм и производительностью до 6 млн. т/год. На таких станах прокатывается полоса толщиной от 1,2 до 26 мм и шириной не более 2350 мм. Данные полосы сматываются в рулоны со скоростью 25-30 м/с. Рулоны достигают в весе до 45 т.

Китайская компания Qujing Shizong Valedi Metal Materials спроектировала и ввела в эксплуатацию стан горячей прокатки на своём заводе. Он расположен в индустриальном парке hizong Datong в провинции Юньнань. [24]

Реверсивный прокатный стан Стеккеля мощностью 1,4 млн. т в год предназначен для прокатки нержавеющей слябов, которые выплавляются на данном предприятии. Его продукция будет использоваться для изготовления холоднокатаного нержавеющей проката, в том числе, и другими предприятиями, находящимися на территории индустриального парка Shizong.

Установка стана обошлась компании в 750 млн. юаней (около \$107 млн.). Это первый стан Стеккеля, полностью спроектированный и изготовленный китайскими машиностроителями. Сообщается, что на нем установлены современные системы автоматического контроля толщины и ширины листа, термообработки и т. д. Qujing Shizong Valedi планирует выпускать на новом стане продукцию широкого сортамента. Толщина горячекатаной нержавеющей полосы может составлять от 1,5 до 12 мм, а ширина рулона — от 800 до 1550 мм.

Выводы по разделу

В данном разделе представлены зарубежные аналоги марки стали 12X18Н10Т. Так же рассмотрен реверсивный прокатный стан Стеккеля расположенный в Китае.

## 5 ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Одним из направлений модернизации производства на стане 1500 ЛПЦ 2, является осуществление контроля замера толщины прокатанных листов. Для того чтобы сократить количество брака. Чтобы этого избежать, необходимо применение современного оборудования. Внедрение новых технологических методов непрерывного неразрушающего контроля на станах горячей прокатки существенно улучшит качество продукции.

Контроль измерений позволит усовершенствовать технологию по части шлифовки валков и их замене, режимах прокатки и т.д. Модернизация этих операций способствует повышению точности размеров прокатываемого металла, так же увеличивается эффективность и производительность прокатного стана. [25]

Одним из приборов подходящим по требованиям для стана 1500 ЛПЦ 2 является система Radiometrie RM 312. При внедрении данной измерительной системы, повысится качество выпускаемой продукции, а так же облегчит ручной труд для вальцовщиков. Им не нужно будет замерять толщину листа, когда тот имеет температуру около 1000 °С. Так же, сократится время на прокатку листа и повысится производительность труда.

### Преимущества системы Radiometrie RM 312

1. В данную систему включена функция измерения состава сплава. Система способна производить хим. анализ во время прокатки.
2. Система Radiometrie RM 312 умеет определять температуру металла как на выходе из печи, так и при прокатке. Если из печи выйдет сутунка, не прогретая до необходимой температуры, вальцовщик может вернуть её обратно в печь. Это позволит снизить брак. Так же данная система, может определить температуру прогрева сутунки. Так как плохо прогретая сутунка имеет свойства трескаться по кромкам при прокатке.
3. Данная система помимо измерения толщины, способна мерить длину и ширину прокатываемого листа. Данная опция опять же, облегчит ручной труд. Так как, металл в дальнейшем не нужно будет сортировать.

Система Radiometrie RM 312 при обнаружении отклонений от заданных параметров, таких как: толщина, ширина, длина, температура подаст сигнал оператору стана, чтобы внести корректировки в прокатку. Вся информация будет выводиться на монитор пульта управления стана. [26]

### Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрено одно из направлений модернизации производства, а именно, внедрение новых технологических методов непрерывного неразрушающего контроля на станах горячей прокатки. Что позволит существенно улучшить качество продукции. Одним из таких приборов является система Radiometrie RM 312.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## 6 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

В настоящее время на предприятиях связанных с прокатным производством большое внимание уделяется технике безопасности. Это связано с тем, что её несоблюдение приводит к травмам, а иногда и к летальному исходу.

Основными опасностями при эксплуатации прокатного стана являются следующие: захватывание и затягивание одежды и частей тела вращающимися деталями механизмов, отлетание окалины и частиц металла, ожоги, порезы, ушибы, поражение электрическим током и т.д.

Во избежание травматизма и несчастных случаев, станы автоматизируют.

Посты управления прокатными станами и вспомогательными агрегатами располагают на высоте 2-2,5 м, чтобы операторы хорошо видели обслуживаемые ими агрегаты. Приборы управления и контрольно - измерительную аппаратуру располагают с учетом наиболее удобной работы операторов и снабжают удобными поворотными креслами со спинкой и подлокотниками. [27]

### 6.1 Анализ опасных производственных факторов

Производственные факторы, которые воздействуя на работника, могут причинить травму (движущиеся предметы, эл. ток, открытый огонь, высота)- это опасные производственные факторы.

К опасным физическим производственным факторам относятся:

1. Движущиеся машины и механизмы;
2. Различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы;
3. Незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, режущие инструменты, вращающиеся и перемещающиеся приспособления и др.);
4. Отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента;
5. Электрический ток;
6. Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов и др.

К средствам коллективной защиты относятся:

1. Средства защиты от поражения электрическим током (ограждения, изолирующие устройства, покрытия, предохранительные устройства, знаки предупреждения, световая и звуковая сигнализация);
2. Средства защиты от воздействия механических факторов (предохраняющие, сигнальные и тормозные устройства);
3. Средства защиты от попадания в подвижные и вращающиеся части оборудования (защитные кожухи и ограждения).

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

К средствам индивидуальной защиты относятся:

1. Спецодежда (суконные брюки, куртка, рукавицы, каска, и др.);
2. Средства защиты глаз (защитные очки с металлической сеткой);
3. Средства защиты органов дыхания (марлевые повязки, респираторы и др.).

## 6.2 Анализ вредных производственных факторов

Вредный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к ухудшению самочувствия или его заболеванию (неблагоприятный микроклимат, повышенный уровень шума, вибрации, плохое освещение, неблагоприятный аэроионный состав воздуха).

Вредными физическими производственными факторами являются:

- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- высокие влажность и скорость движения воздуха;
- повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука
- различные излучения — тепловые, ионизирующие, электромагнитные, инфракрасные и др.
- запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- недостаточная освещенность рабочих мест, проходов и проездов;
- повышенная яркость света и пульсация светового потока.

К вредным производственным факторам при эксплуатации электродуговой печи относят:

- повышенную запыленность и загазованность воздуха;
- повышенный уровень шума и вибрации;
- повышенную температуру воздуха рабочей зоны;
- излучение электрической дуги;
- физическая и нервно-психическая перегрузки.

К средствам коллективной защиты относятся:

- средства нормализации воздушной среды (системы газоочистки и аэрации);
- средства нормализации освещения;
- средства защиты от теплоизлучения (теплоизоляционные покрытия ковшей, нагревательных стенов);
- средства защиты от воздействия химических факторов (герметизирующие, вентилирующие, очистные устройства);
- средства защиты от шума;
- средства защиты от вибрации (применение виброгасящих материалов);

К средствам индивидуальной защиты относятся:

- спецодежда (суконные брюки, куртка, рукавицы, каска, и др.);
- средства защиты глаз (защитные очки с металлической сеткой);
- средства защиты органов дыхания (марлевые повязки, респираторы и др.).

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

### 6.3 Безопасность при работе с движущимися механизмами

Общие требования по технике безопасности при обслуживании механизмов

1. Приступая к эксплуатации механизмов, необходимо изучить соответствующие инструкции по эксплуатации.

2. Перед включением механизмов следует удостовериться в исправности.

3. Обнаружив во время осмотра какие-либо неисправности механизма, его предохранительных устройств, следует сообщить об этом непосредственному руководителю и до их устранения к работе не приступать.

4. Запрещается:

а) оставлять работающие механизмы без присмотра (даже при кратковременном уходе с рабочего места, необходимо отключить механизмы и сообщить непосредственному руководителю о своем уходе);

б) касаться движущихся частей механизмов;

в) брать и передавать поверх и сквозь работающие механизмы предметы;

г) чистить, смазывать, ремонтировать механизмы во время их работы;

д) пользоваться перчатками и рукавицами при работе, где имеется опасность захвата их вращающимися частями механизмов;

е) пользоваться средствами индивидуальной и коллективной защиты не соответствующими требованиям нормативных документов.

5. При попадании в движущиеся механизмы каких-либо предметов **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** освобождать от посторонних предметов движущиеся механизмы до полной остановки этих механизмов.

6. **ЗАПРЕЩЕН** допуск посторонних лиц на рабочие места, передача в эксплуатацию оборудования, механизмов, машин, инструмента, СИЗ другим лицам без разрешения непосредственного руководителя работ. [28]

Работник, выполняя любые виды работ с применением движущихся механизмов, должен быть в специальной одежде. Такие как: рабочий костюм, каска, ботинки с жёстким носом. Запускать оборудование должен только тот работник, который прошел, соответствующие инструктажи и допущен к работам. Перед запуском необходимо убедиться в том, что защитные ограждения находятся в исправном состоянии. В опасных зонах не должны находиться люди. Так же перед запуском подаётся звуковой сигнал. Все вращающиеся механизмы должны быть огорожены, либо закрыты защитными кожухами. Ограждения должны быть оборудованы концевыми выключателями, чтобы при открытии ограждения, механизм отключался. При неисправности ограждения следует прекратить работу. [29]

Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрены опасные и вредные производственные факторы. Детально рассмотрена техника безопасности при работе с движущимися механизмами.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие современного оборудования и промышленности основано на правильном использовании металла. Получение металла, имеющего необходимые физико-химические свойства, позволяет создавать различного рода сооружения. Такие как: атомные реакторы, строительные конструкции, детали двигателей и ответственных конструкций.

В XXI веке стали наиболее востребованы для техники, агрегатов и оборудования такие продукты металлургических заводов, как высококачественные стали и специальные сплавы. [30]

Существует три вида прокатки: Горячая-где заготовка разогревается до температуры 1000-1300°C и прокатывается, холодная-где в основном прокатываются листы и ленты. Толщина варьируется от 0,8 до 5 мм. Так же для холодной прокатки используются горячекатаные листы, с целью упрочнения металла и придания ему гладкой поверхности. Тёплая прокатка-применяется при температуре незначительно превышающую температуру холодной прокатки, с целью снижения наклёпа металла.

Прокатную продукцию применяют в различных отраслях. Конструкционные марки сталей применяются для изготовления конструкций, инструментальные стали для изготовления инструментов. Так же существуют такие виды, как медицинская, углеродистая, быстрорежущая, пружинно - рессорная.

В выпускной квалификационной работе был изучен состав марки стали 12X18H10T, рассмотрена технологическая особенность прокатки данной марки, стали, произведён расчёт энергосиловых параметров прокатки на стане 1500, так же произведены расчёты по нагреву сутунки, и потери температуры самой сутунки в процессе прокатки.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Белелюбский, Б. Ф. Машины и агрегаты для обработки металлов давлением : учебное пособие / Б. Ф. Белелюбский, А. А. Герасимова, С. С. Хламкова. — Москва : МИСИС, 2019. — 74 с. — ISBN 978-5-907061-95-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129007> .
- 2 Бурцев, К.И. Прокатное производство / К.И. Бурцев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Металлургия, 2005. – 450 с.
- 3 [https://emk24.ru/wiki/stali-gost/stal-12kh18n10t\\_8164871/](https://emk24.ru/wiki/stali-gost/stal-12kh18n10t_8164871/)
- 4 Воронцов, А.Л. Теория и расчёты процессов обработки металлов давлением. В 2 т. / А.Л. Воронцов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
- 5 Гелей, Ш. Расчет усилий и энергии при пластической деформации металлов. - М.: Металлургиздат, 1958. - 419 с.
- 6 Грудев, А.П. Теория прокатки [Текст]. - М.: Интермет Инжиниринг, 2001. - 280 с.
- 7 Долин, П.А. Справочник по технике безопасности [Текст]. - М.: Энергоиздат, 1982- 800 с.
- 8 Зайков, М.А. Режимы деформации и усилия при горячей прокатке. - М.:Металлургиздат, 1958.-299 с.
- 9 Зобнин, А. Д. Технологические основы проектирования прокатных комплексов. Технология производства отдельных видов проката : учебное пособие / А. Д. Зобнин, Н. А. Чиченев. — Москва : МИСИС, 2013. — 154 с. — ISBN 978-5-87623-651-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/47420>.
- 10 Зобнин, А. Д. Технологические основы проектирования прокатных комплексов: Расчет параметров листовой прокатки : учебное пособие / А. Д. Зобнин, Н. А. Чиченев, А. Ю. Зарапин. — Москва : МИСИС, 2009. — 124 с. — ISBN 978-5-87623-261-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116855> .
- 11 Коваль, Г. И. Металлургическое оборудование [Текст] Ч. 1 : Конструкции и расчет станов шаговой прокатки прямым и обратным ходом : курс лекций по специальности 151400 "Металлургия" / Г. И. Коваль ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Машины и технологии обработки материалов давлением ; ЮУрГУЧелябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2013. – 74с.
- 12 Колесников, А. Г. Механизмы и устройства рабочих клетей прокатных станов : учебное пособие / А. Г. Колесников, Р. А. Яковлев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 63 с. — ISBN 978-5-7038-3259-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52114> (дата обращения: 15.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

- 13 Колесников, А. Г. Технологическое оборудование прокатного производства : учебное пособие / А. Г. Колесников. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. — 158 с. — ISBN 978-5-7038-4004-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106479>.
- 14 Коновалов Ю.В. Расчет параметров листовой прокатки: справочник / Ю.В. Коновалов, А.Л. Остапенко, В.И. Пономарев. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Металлургия, 2006 – 520 с.
- 15 Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Книга 1. Производство горячекатанных листов и полос/ М.: Теплотехник, 2008. - 640 с.
- 16 Коновалов, Ю.В. Справочник прокатчика. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 1. Производство горячекатанных листов и полос / Ю.В. Коновалов. – М.: Теплотехник, 2008. – 640 с.
- 17 Королев, А.Л. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов/ А.Л. Королев. - 3-е изд., испр. и доп. – М.: Металлургия, 2009. – 520 с.
- 18 Никитин, Г. С. Расчет энергосиловых параметров при горячей прокатке в непрерывной группе сортового стана : учебно-методическое пособие / Г. С. Никитин, А. А. Восканьянц, К. А. Крюков. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 30 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52187> (дата обращения: 11.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 19 Основы металлургического производства : учебник / В. А. Бигеев, К. Н. Вдовин, В. М. Колокольцев [и др.] ; под общей редакцией В. М. Колокольцева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-4960-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129223> (дата обращения: 20.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 20 Полухин П. И. Прокатное производство / П. И. Полухин, Н. М. Федосов, А. А. Королев и др. – М.: Металлургия., 1982. – 696 с.
- 21 Рудской, А. И. Теория и технология прокатного производства : учебное пособие / А. И. Рудской, В. А. Лунев. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 528 с. — ISBN 978-5-8114-4958-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129221>.
- 22 Рудской, А. И. Теория и технология прокатного производства. / А. И. Рудской. – СПб : В.А. Лунев, 2005. – 540 с.
- 23 Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов [Текст]: справочник / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин. - М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.
- 24 СТП 048-21-2012. Контроль технологии, приемочный контроль готовой продукции. - Аша: Ашинская типография Челябинлуприздата, 2012. – 47 с.
- 25 Технология металлов и сплавов / Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев, Н. Е. Стариков [и др.] ; под редакцией А. Е. Гвоздева. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 480 с. — ISBN 978-5-9729-0464-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148354> (дата обращения: 23.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.



- 26 ТИ 123-2П-02-2009. Посадка и нагрев под прокатку сутунки в кольцевых печах стана «1500». - Аша: Ашинская типография Челябиноблуприздата, 2009. – 24 с.
- 27 ТИ 123-2П-1-2009. Подготовка сутунки к прокатке, горячая прокатка листовой стали на стане «1500» и комплектовка пакетов. – Аша: Ашинская типография Челябиноблуприздата, 2009. – 44 с.
- 28 Целиков, А.И. Основы теории прокатки [Текст] / А.И. Целиков. - М.: Металлургия, 1965. - 247 с.
- 29 Шишко, В. Б. Основы технологии прокатки на реверсивных станах : учебное пособие / В. Б. Шишко, В. А. Трусов, Н. А. Чиченев. — Москва : МИСИС, 2007. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2081> (дата обращения: 13.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 30 <https://www.bestreferat.ru/referat-146610.html>

					22.03.02.2021.11159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52