

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.

Формообразование при производстве листов толщиной 20мм из электростали 60Г

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР

Руководитель проекта,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ С.А. Меденков  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

Автор проекта  
студент группы ДО – 475  
\_\_\_\_\_ А.А. Окунев  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

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

Челябинск 2021

## АННОТАЦИЯ

Окунев А.А. Формообразование при производстве листов толщиной 20мм из электростали 60Г. Челябинск: ЮУрГУ, ДО-475; 2021, 56 с., библиогр. список 23 наим. 4 чертежа и 2 плаката ф. А1.

В выпускной квалификационной работе рассматривается технология формообразования листа из стали марки 60Г на стане Трио Лаут «2850» ЛПЦ-1 ПАО «АМЗ».

Постоянно возрастающие требования потребителей толстого листа к его качеству заключаются, прежде всего, в требованиях к улучшению свариваемости, повышению предела текучести и ударной вязкости при низких температурах, ужесточению допусков на размеры и форму листа, а также к ряду других характеристик, которые регламентируются стандартами и техническими условиями на поставку.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Окунев				Формообразование при производстве листов толщиной 20мм из электростали 60Г	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Меденков						4	55
Реценз.								
Н. Контр.	Микерина							
Утв.	Виноградов							
						ЮУрГУ Кафедра ТТиС		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1 Назначение стали.....	8
1.2 Описание стали.....	8
1.3 Технологическая схема производства стали.....	9
1.4 Выбор оборудования для прокатки.....	12
1.4.1 Выбор оборудования для прокатки.....	13
1.4.2 Прокатная клеть.....	14
1.4.3 Конструкция и размеры валков рабочей клетки.....	16
1.4.4 Душирующее устройство.....	17
1.4.5 Правильная машина.....	17
1.4.6 Разметка листов.....	18
1.4.7 Порезка листов.....	18
1.4.8 Клеймение листов.....	19
1.5 Влияние степени деформации в заключительных проходах на не плоскостность толстых листов.....	20
1.6 Контроль качества продукции.....	21
2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	26
2.1 Расчет размеров заготовки.....	26
2.2 Расчет режимов обжатий.....	27
3 ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА	36
3.1 Общие сведения о дефектах конечного продукта производства.....	36
3.2 Виды дефектов прокатного происхождения.....	36
3.3 Волнистость.....	43
4 ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА...	45
5 ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ПОДОБНОЙ ПРОДУКЦИИ....	49
6 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.....	53
6.1 Анализ опасных производственных факторов.....	53
6.2 Анализ вредных производственных факторов.....	55
6.3 Водоснабжение производственного цеха. Охрана водных объектов...	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	61

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной промышленности и техники основано, главным образом, на применении металла. Получение достаточных количеств металла, обладающего необходимыми механическими, физическими и физико-химическими свойствами, позволяет улучшать судо- и авиастроительство, создавать мощные разного вида электростанции, атомные реакторы, и многое другое. Таким образом новая техника XXI века - техника, больших скоростей, сильных химических воздействий, высоких давлений и температур - потребовала новых материалов для машин, аппаратов и других металлических изделий. Такими материалами как раз и явились высококачественные и специальные стали и сплавы.

Таким образом, металлургия - одна из важнейших отраслей современной промышленности не только России, но и во многих других стран.

Важным условием развития и возрождения металлургии является обеспечение конкурентоспособности выпускаемой продукции: ее низкой себестоимости и высокого качества, которое удовлетворяет требованиям международного рынка. Выполнение этого условия обеспечивает современная техника и технологии, автоматизации и компьютеризации производственного процесса, а также высокой производительностью труда.

Внедрение инноваций и использование энерго-, и трудосберегающих технологий практически на всех металлургических переделах должны обеспечивать повышение конкурентоспособности производства продукции.

В условиях конкуренции на мировом рынке черной металлургии одним из главных условий существования и получения стабильной прибыли на Ашинском металлургическом заводе является использование современных технологий в производстве, которые позволяют снизить себестоимость и повысить качество выпускаемой продукции.

Объектом дипломного проекта является: процесс производства горячекатаного листа из сляб стали марки 60Г на стане 2850. Для этого необходимо разработать технологию производства горячекатаного листа из стали марки 60Г, так как конструкционная рессорно-пружинная сталь применяется во многих направлениях. Соответственно высока потребность в прокате из сталей с высокими упругими свойствами и износостойкостью, которые применяются для изготовления пружин и рессор, пружинных колец, бандажей, тормозных барабанов и лент, втулок и других деталей общего и тяжелого машиностроения.

Совершенствование технологии нагрева, отработка режимов нагрева на методической печи №3 после её модернизации в условиях ПАО «Ашинский металлургический завод». Нагрев металла производится в методических печах старого типа, что приводит к низким технико-экономическим показателям.

Методические печи № 1-3 не отвечают современным требованиям к данному типу агрегатов. Наличие неравномерного нагрева исходного металла приводит к неодинаковым условиям формоизменения его при прокатке в валках, которые не отвечают требованиям производства высококачественной продукции. Морально и

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

физически устаревшие конструкции печей, системы отопления и системы управления печами не способны эффективно решать задачи получения качественного проката, ресурсо- энергосбережения, промышленной и экологической безопасности. Модернизированная печь позволит улучшить технико-экономические показатели.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Назначение стали

Сталь 60Г – сталь конструкционная рессорно-пружинная. Заменителем является: 65Г.

Применение: различного вида пружины, рессоры, пружинные кольца и другие детали, от которых требуются высокие упругие свойства и износостойкость; бандажи, тормозные барабаны и ленты, скобы и втулки и другие детали общего и тяжелого машиностроения.

Сортамент стали 60Г:

- сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 14959-79, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006, ГОСТ 2879-2006, ГОСТ 7419.0-78-ГОСТ 7419.8-78.
- калиброванный прутки: ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73.
- шлифованный прутки и серебрянка: ГОСТ 14955-77, ГОСТ 7419.0-78-ГОСТ 7419.8-78.
- лист толстый: ГОСТ 1577-93.
- лента: ГОСТ 2283-79.
- полоса: ГОСТ 103-2006, ГОСТ 4405-75.
- поковки и кованные заготовки: ГОСТ 1133-71.

## 1.2 Описание стали

Химический состав стали 60Г приведен в таблице 1[8]

Таблица 1 – Химический состав стали 60Г (в процентах)

Углерод (С)	0,57-0,65
Кремний (Si)	0,17-0,37
Марганец (Mn)	0,7-1
Никель (Ni), не более	0,25
Сера (S), не более	0,035
Фосфор (P), не более	0,035
Хром (Cr), не более	0,25
Медь (Cu), не более	0,2
Железо (Fe), ~	97

Не применяется для сварных конструкций. Ограниченно сваривается контактным способом.

Механические свойства стали 60Г представлены в таблице 2[8]

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Таблица 2 – Механические свойства стали 60Г

Термообработка, состояние поставки. Сталь категорий: 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б.	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_{0.2}$ , МПа	$\delta_5$ , %
Сечение <20 мм. Закалка 830 °С, масло. Отпуск 470 °С.	980	785	8
Сечение 20 мм. Закалка 790-810 °С, вода. Отпуск 360-400 °С, воздух.	1370	1180	5
Сечение 60 мм. Закалка 800-8200 °С, вода. Отпуск 530-600 °С, воздух.	830	640	9
Сечение 80 мм. Нормализация	780	390	11

Механические свойства стали 60Г в зависимости от температуры отпуска приведены в таблице 3[8]

Таблица 3 – Механические свойства стали 60Г в зависимости от температуры отпуска

t отпуска, °С	$\sigma_{0.2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\psi$ , %
400	1460	1710	5
500	1270	1460	10
600	1120	1240	16
700	980	1130	22

Технологические свойства стали 60Г приведены в таблице 4[8]

Таблица 4 – Технологические свойства стали 60Г

Свариваемость	Ограниченно сваривается контактным способом
Флокеночувствительность	Малочувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Склонна при содержании Mn≥1%

### 1.3 Технологическая схема производства стали

За основу взята технология производства стали в условиях ПАО АМЗ и она включает следующие этапы

1. Подготовка металлошихты (металлолом, скрап, чугун) и погрузка ее на конвейер.
2. Транспортировка металлошихты конвейером, и загрузка ее в ДСП.
3. Выплавка полупродукта в ДСП.
4. Доведение полупродукта до требуемого хим. состава в АКП-100.
5. Транспортировка жидкой стали в отделение непрерывной разливки стали.
6. Разливка стали на МНЛЗ с получением стальной заготовки – слябы.
7. Транспортировка слябы в прокатный цех (ЛПЦ № 1 – прокатный стан № 2850).
8. Прокат стальной заготовки с получением годного проката.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

## Загрузочный конвейер ДСП «CONSTEEL»

Установка подогрева и непрерывной загрузки в электродуговую печь по технологии «Consteel» представлена на рисунке 2.

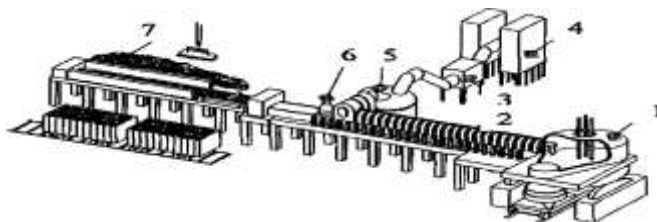


Рисунок 1 – Установка подогрева и непрерывной загрузки в электродуговую печь по технологии «Consteel»

1 - электродуговая печь; 2 - зона нагрева шихты печными газами; 3 - камера охлаждения отходящих газов; 4 - мешочные фильтры; 5 - камера дожигания отходящих газов; 6 - динамическое уплотнение; 7 - зона загрузки.

По пути к печи скрап проходит зону подогрева, где нагревается отходящими печными газами, подаваемыми в направлении, обратном движению скрапа (по принципу противотока).

В процессе непрерывной загрузки скрапа металл в ванне ДСП находится в жидком состоянии, и расплавление скрапа происходит при его погружении и растворении в металле.

Электрические дуги постоянно действуют на ванну жидкого металла, а не на твердый скрап.

Поэтому горение дуг стабильно в течение всей плавки и не подвержено возмущающему влиянию коротких замыканий электродов на твердые куски скрапа, как это происходит в случае периодической загрузки шихты.

Технология «Consteel» имеет две главные особенности, которые делают ее отличной от большей части других технологий расплавления скрапа в ДСП: предварительный подогрев и непрерывная загрузка шихты. Это обеспечивает следующие преимущества для производителя металлопродукции: высокую производительность, снижение затрат и гибкость производства.

После расплава шихты металл сливают в ковш, где происходит внепечная обработка на АКП-100.

Сталеразливочные ковши, используемые для обработки стали на АКП, должны быть подготовлены и разогреты в соответствии с требованиями технологической инструкции "Футеровка и сушка сталеразливочных ковшей для агрегата «печь-ковш»".

После доведения до требуемого химического состава металл поставляется на МНЛЗ, где происходит разливка с последующей порезкой на мерные слябы.

Для осуществления процесса непрерывной разливки стали следует выполнить следующие операции. После предварительного охлаждения необходимо осуществить снятие крышки, стопорного механизма, стопора, системы быстрой замены погружного стакана.

Эти операции проводятся без специальных стенов и могут выполняться на любом свободном участке рабочей площадки. Операция сушки и разогрева промежуточного ковша производится на специальном стенде. Таких стенов

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10



установлено два, что обеспечивает требуемую производительность и сокращение затрат при непрерывной разливке [6, с. 59].

К подготовительным операциям так же относятся: удаление скрапа на стенде выдавливания, очистка ковша от остатков металла, шлака и торкретмассы, установка стакана дозатора, системы быстрой смены погружного стакана, уплотнение стакана дозатора огнеупорной массой, установка бойной плиты и струегасителя. После этого производится торкретирование, оборудование промежуточного ковша крышкой, установка стопорного механизма и стопора с регулировкой. Сушка и разогрев осуществляются по установленному режиму.

После металл транспортируется в ЛПЦ-1 для последующей прокатки на стане.

На стане Трио-Лаута «2850» прокатываются слябы и слитки. На стане прокатываются слябы толщиной от 180 мм до 240 мм включительно, шириной от 900 мм до 1600 мм включительно и длиной от 900 мм до 1800 мм включительно. При поступлении в ЛПЦ-1 слябов длиной свыше 1800 мм, по заданию ПДБ производится порезка слябов на мерные длины.

Из слитков прокатываются листы толщиной от 14 мм до 100 мм включительно, из непрерывнолитых слябов - листы толщиной от 8 мм до 60 мм включительно, шириной не более 2400 мм в необрезном виде и не более 2100 мм в обрезном виде; длиной не более 19 м в необрезном виде и не более 12 м в обрезном виде.

Технологический процесс производства листа в ЛПЦ-1 представлен на рисунке 2. [6]

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

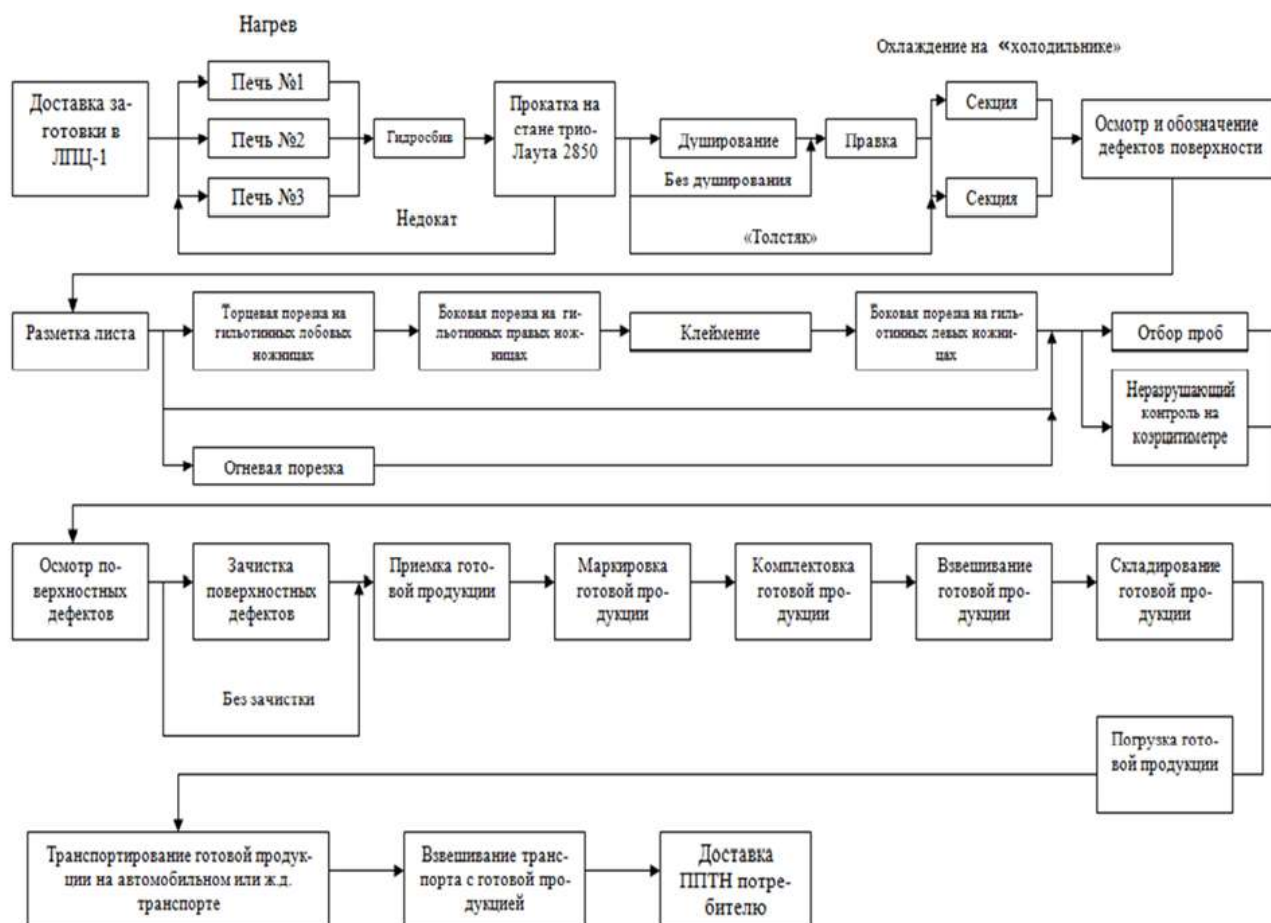


Рисунок 2 – Технологический процесс производства горячекатаного листа в Листопркатном цехе №1 [6]

Процесс прокатки на стане Трио-Лаута 2850 осуществляется следующим образом. Слябы предварительно подлежат обработке на складе – удаляются поверхностные дефекты, обрезается прибыльная часть слитка и т. д. После металл подается в печь, нагревается до необходимой температуры и выгружается на рольганг выдачи, который имеет поворотный стол, осуществляющий ориентацию положения сляба в горизонтальной плоскости.

По специальному роликовому желобу сляб подается к прокатной клети. В первых проходах прокатка сляба осуществляется в поперечном направлении до необходимой ширины, а после — в продольном до заданной толщины готового листа. Если же сляб больших размеров по длине, а нужен широкий лист малой толщины, что сопровождается максимальными нагрузками на рабочую линию и электродвигатели, то предусматривается прокатка с задачей в валки «на угол».

При прокатке слитков в первых проходах снимается конусность, а затем выполняются те же операции, что и для слябов. Величина относительных обжатий, применяемые на стане, находятся в пределах от 18% до 20%. Поворот раската в горизонтальной плоскости между проходами осуществляется коническими роликами, установленными на подъемно-качающихся столах, которые передают его с одного на другой горизонт прокатки. Удаление окалины с поверхности раската в процессе прокатки осуществляется с помощью гидросбива.

Раскат с заданными размерами по ширине и толщине поступает к правильной машине, проходит правку, затем подается на вторую линию, где осуществляется обрезь переднего и заднего концов, а также боковых кромок. Готовые листы сбрасываются в карманы для оформления пакета или поштучно, маркируются, взвешиваются и передаются для последующих возможных технологических операций.

Отделка прокатанных полос, включающая горячую и холодную правку, клеймение, охлаждение и резку на мерные длины, контроль размеров листов, дефектоскопию внутренних дефектов, маркировку, инспекционный осмотр и выборочную зачистку дефектов, отбор проб, взвешивание и укладку листов в карманы, осуществляется в технологическом потоке. [6]

#### 1.4 Выбор оборудования для прокатки

В состав стана входят три нагревательные методические печи, роликовая правильная машина, гильотинные ножницы для обрезки торцовых частей, двое ножниц для обрезки боковых кромок и карман для готовой продукции со сбрасывающим устройством.

Схема расположения основного оборудования стана «2850» представлена на рисунке 2. [6]

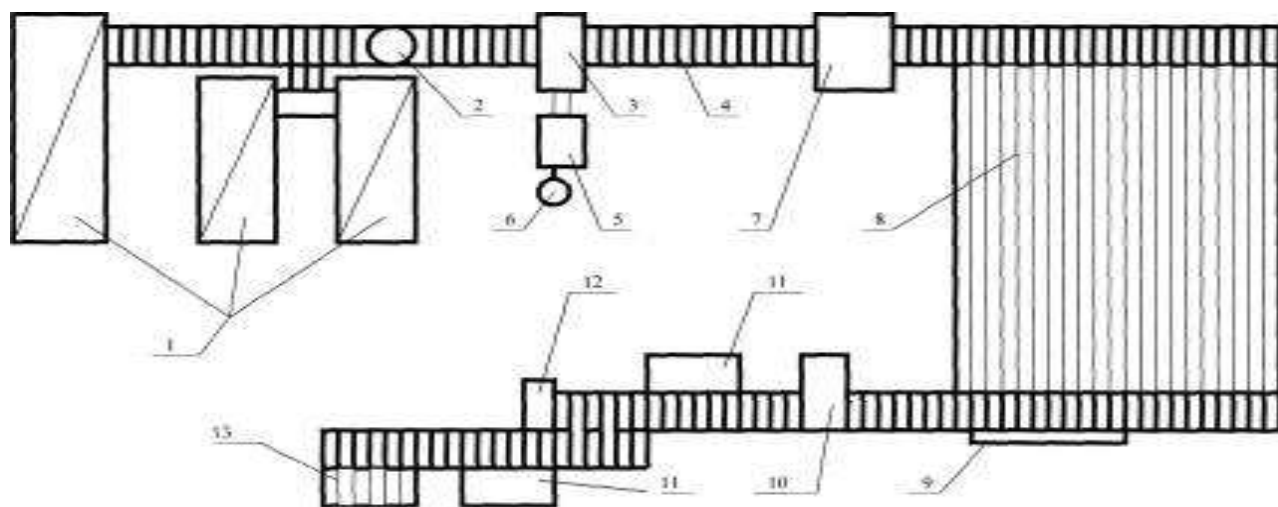


Рисунок 3 – Схема расположения основного оборудования стана «2850»: 1- методические печи № 1, 2, 3; 2-поворотный механизм; 3-прокатная клеть с подъемно - качающими столами; 4-рольганг; 5-шестеренная клеть; 6 - электродвигатели; 7-правильная машина; 8-инспекторские столы №1,2; 9-разметочная машина; 10-гильотинные ножницы; 11-боковые ножницы; 12-клеймовочная машина; 13-листоукладчик. [6]

##### 1.4.1 Нагревательные печи

Нагрев слябов производится в двухрядных нагревательных методических четырехзонных печах №1 и №2, с нижним подогревом торцевой посадкой и

боковой выдачей. Посадка металла на посадочные площадки осуществляется двумя мостовыми 10-ти тонными кранами с магнитными плитами.

Основные технические характеристики методических печей (таблица 5 - 7).[6]  
Таблица 5 – Техническая характеристика методических печей №1 и №2

Полезная площадь пода	97,4 м <sup>2</sup>
Длина активного пода	28,0 м
Количество форсунок	10 шт.

Таблица 6 – Техническая характеристика методической печи №3

Полезная площадь пода	120 м <sup>2</sup>
Активная площадь пода печи	320 м <sup>2</sup>
Длина активного пода	34,5 м
Количество горелок	13 шт.

Продвижение металла в печи производится однорядными реечными толкателями с усилием 200 т. Выдача слитков и слябов выталкивателем с усилием 12 т. Кладка свода томильной и сварочной зон – динасовый кирпич, методической – фасонный и шамотный кирпич:

- кладка стен – шамотный кирпич;
- кладка пода методической и сварочной зон – шамотный кирпич, томильной – магнезитовый кирпич.

Рекуператоры металлические трубчатые с общей поверхностью нагрева:

- печь № 1, 2, 78 м<sup>2</sup>;
- печь № 3, 156 м<sup>2</sup>.

Температура отходящих газов – 800-900°С, температура нагрева воздуха – 200-400°С.

Охлаждение глиссажных и опорных труб – пароиспарительное; подпяттовых балок, отбойников и рам печи – водяное.

Режим нагрева металла перед прокаткой должен обеспечить получение требуемой температуры заготовки при равномерном прогреве ее по сечению и длине; сохранение целостности заготовки, минимальное обезуглероживание поверхностного слоя и минимальный отход металла в окалину (угар).

Нагрев печи производится теплом, выделяемым при горении природного газа (опционально - мазут). В подобных печах применяются высокоскоростные горелки с низким выбросом NO<sub>x</sub>. Как правило, подобные печи имеют методическую, сварочную и томильную зоны. Каждая горелка оборудована необходимой арматурой и коммутирована в определенную зону нагрева.

Наилучшая пластичность стали достигается нагревом, так как она непрерывно увеличивается в интервале температур от 300 до 1200°С в зависимости от содержания в стали углерода.

#### 1.4.2 Прокатная клеть

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Оборудование прокатного стана можно разделить на две группы:

- Машины и механизмы главной линии прокатного стана;
- Машины и агрегаты проточных технологических линий.

Главная линия рабочей клетки включает в себя: рабочую клетку 1, передаточные механизмы 2, 4, 5, 11 и 3-2 электродвигателя. Клетка представляет собой две массивные литые станины 8, установленные на плитовины 9, прикрепленные к фундаменту анкерными болтами 10. Вверху и внизу станины соединены траверсами. В станинах смонтированы подушки с подшипниками и валками 6, 7. Станины рабочей клетки являются самыми ответственными деталями прокатного стана. В них монтируются валки стана, производящие непосредственно деформацию металла при прокатке, и другие устройства и механизмы, обеспечивающие заданную точность прокатки и производительность стана.

Схема главной линии рабочей клетки представлена на рисунке 3.[6]

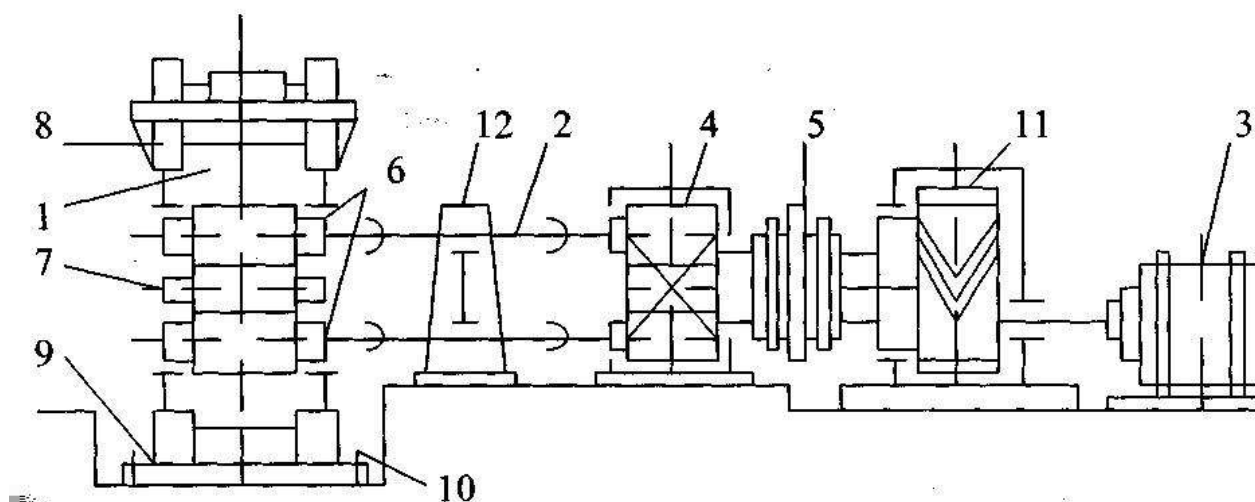


Рисунок 4 – Схема главной линии рабочей клетки

1-рабочая клетка; 2-универсальные шпиндели; 3-главные электродвигатели; 4-шестеренная клетка; 5-коренная муфта; 6-верхний и нижний валки трёх-валковой клетки; 7-средний валок; 8-станины; 9-плитовины; 10-фундаментные болты; 11-редуктор; 12-устройство уравнивания шпинделей.

Все давление металла на валки, возникающее при прокатке, воспринимается станинами. Поэтому при конструировании и изготовлении станин огромное внимание уделяется их прочности и жесткости.

Станины по своей конструкции делятся на две группы: закрытого и открытого типа.

Для листовых станков в клетях применяют станины закрытого типа, которые обладают большой прочностью и жесткостью. Станины закрытого типа представляют собой литую массивную жесткую раму с замкнутым контуром, образованным верхней и нижней поперечинами и двумя стойками, поперечина и стойки образуют окно, в котором располагаются подшипниковые опоры валков, состоящие из подушек с подшипниками.

К внутренним сторонам стоек станины прикрепляют винтами направляющие

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

планки для подушек валков. С наружной стороны стоек в нижней части станина имеет лапы с отверстиями под болты для крепления станины к плитовинам, которые в свою очередь крепятся анкерными болтами к фундаменту. В верхней поперечине станины выполняют расточку для прохождения нажимного винта и установки бронзовой гайки нажимного винта. Обе станины клетки соединяют между собой сверху и снизу траверсами. На двух верхних траверсах обычно размещают площадку для установки привода механизма установки верхнего валка и других устройств.

Прокатная клеть оборудована гидросбивом, устройством для удаления окалины с поверхности прокатываемого листа водой под давлением. После чистовой клетки готовые листы поступают к правильной машине.

Техническая характеристика стана Трио-Лаута «2850» представлена в таблице 7. [6]

Таблица 7 – Техническая характеристика стана Трио-Лаута «2850»

Уравновешивание среднего и верхнего валков	гидравлическое
Конструкция столов	подъемно - качающиеся
Мощность электродвигателей, кВт	2000, 2300
Максимальный разъем валков, мм	600
Максимальное допустимое давление металла на валки, т	1200
Максимальный момент прокатки, тм	140
Длина стола, мм	6570
Время подъема стола, сек	2

### 1.4.3 Конструкция и размеры валков рабочей клетки

Прокатные валки выполняют основную операцию прокатки - обработку металла давлением и придание ему требуемых размеров и формы поперечного сечения. В процессе работы, вращающиеся валки воспринимают усилие, возникающие при прокатке, и передают его на подшипники, узлы рабочей клетки стана и другие детали.

Принятый режим обжатий заготовки, необходимое качество проката, стойкость валков в значительной мере зависят от материала, из которого изготовлены валки. Назначение стана и условия эксплуатации валков являются основанием для выбора материала, из которого изготовлены валки. Этот материал, должен обеспечить их прочность и износостойкость. Износ валков зависит от их твердости. Твердость снижает вязкость, тем самым снижая прочности валков. В конкретных случаях в зависимости от назначения стана и условий эксплуатации валки делают из материала, обладающего свойством, являющимся в данном случае основным.

Валок состоит из трех основных элементов: бочки валка (диаметром  $D$  и длиной  $L$ ); шеек (диаметром  $d$  и длиной  $l$ ); двух концевых участков, один из

которых служит для соединения валка со шпинделем, а другой для фиксирования валка в осевом направлении или используется для перевалки.

Характеристика прокатных валков представлена в таблице 8.[6]

Таблица 8 – Характеристика прокатных валков

Основные размеры рабочих валков клетки:	
Максимальный диаметр верхнего валка, мм	927
Максимальный диаметр нижнего валков, мм	- от 925 до 935
Минимальный диаметр верхнего и нижнего валков, мм	- 880
Длина бочки, мм	-2850
Диаметр шейки, мм	- 640
Длина шейки, мм	- 695
Максимальный диаметр среднего валка, мм	- 657
Минимальный диаметр среднего валка, мм	- 630
Длина бочки, мм	-2850
Диаметр шейки, мм	- 400
Длина шейки, мм	-710
Материал верхнего и среднего	-чугун
Материал нижнего валка	-сталь

#### 1.4.4 Душирующее устройство

По окончании прокатки с целью получения определенных физико-механических свойств прокатанного листа при необходимости раскат подвергается ускоренному охлаждению на «душирующей» установке.

Режимы охлаждения листов из стали под душирующей установкой в зависимости от толщины листов и содержания углерода представлены в таблице 9.[6]

Таблица 9 – Режимы охлаждения листов из стали под душирующей установкой в зависимости от толщины листов и содержания углерода [6]

Содержание углерода, %	Толщина листов, Мм	Продолжительность охлаждения, Сек	Рекомендуемая температура, С
		Ст 0, СтЗсп, 10, 17Г1С	
0,14 - 0,16	8 – 10	не душировать	600 ± 50 -//- -//- -//-
	12 - 14	30 - 50	
	16 - 20	50 - 80	
	22 - 25	60 - 110	
	26 – 30	70 – 120	
0,17 - 0,20	8 – 10	10 - 20	650 ± 50 -//- -//- -//- -//-
	12 - 14	30 - 50	
	16 - 20	50 - 80	
	22 - 25	60 - 110	
	26 – 30	60 – 110	
0,21 - 0,22	10 – 16	не душировать	700 ± 50 -//-
	20 - 25	30 - 50	
	26 – 30	50 – 80	

Примечание: Листы толщиной свыше 30 мм охлаждаются на инспекторских столах.

#### 1.4.5 Правильная машина

Все листы после прокатки проходят горячую правку на семи роликовой правильной машине. Листы свыше 30 мм не правятся.

Характеристика правильной машины приведена в таблице 10.[6]  
Таблица 10 – Характеристика правильной машины [6]

Количество роликов	7 шт.
Диаметр роликов	360 мм
Скорость правки	0,3 м/с
Толщина листов	до 30 мм
Ширина	до 2650 мм

Настройка на каждую толщину производится по циферблату. Валки гладкие без вмятин и выбоин. После правки листы осматриваются и охлаждаются на инспекторских столах I и II секции холодильника, при осмотре контролером ОТК листов, отмечаются дефекты с обеих сторон листа, который кантуется кантователем и замеряется толщина листа, отбираются пробы на механические испытания по ГОСТ 14637.

#### 1.4.6 Разметка листов

Разметка листов производится при помощи разметочной машины по заказу с учетом температурной усадки метла. При разметке листа правая кромка отмечается, величина обрезки левой кромки определяется периодической проверкой ширины необрезного листа.

Характеристика разметочной машины приведена в таблице 11.[6]

Таблица 11 – Характеристика разметочной машины [6]

Ход тележки разметочной машины	1600 мм
Ход линейки	1800 мм
Скорость тележки	0,5 мм/с

#### 1.4.7 Порезка листов

Порезка листов производится на гильотинных ножницах (рис.5) с манипуляторами для поперечной резки листа. Затем толстолистовую сталь на дисковых ножницах продольной резки (рис.6) режут на окончательные размеры и передают на склад готовой продукции для последующей термообработки.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



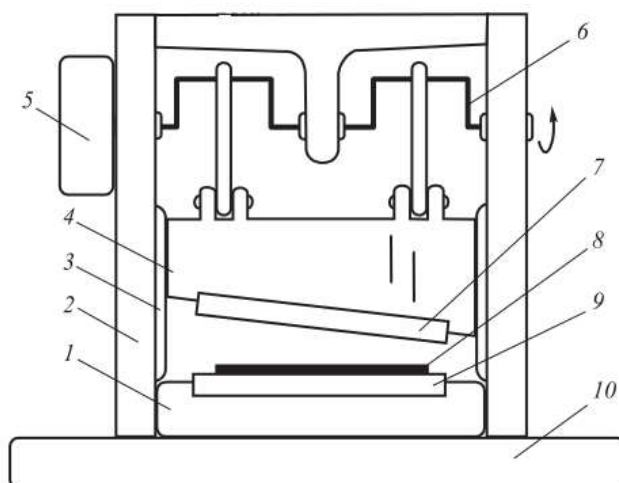


Рисунок 5 – Схема гильотинных ножиц: 1 — стол; 2 — стойка станины; 3 — направляющий паз; 4 — суппорт; 5 — электропривод; 6 — эксцентрик; 7, 9 — ножи; 8 — лист; 10 — фундамент.

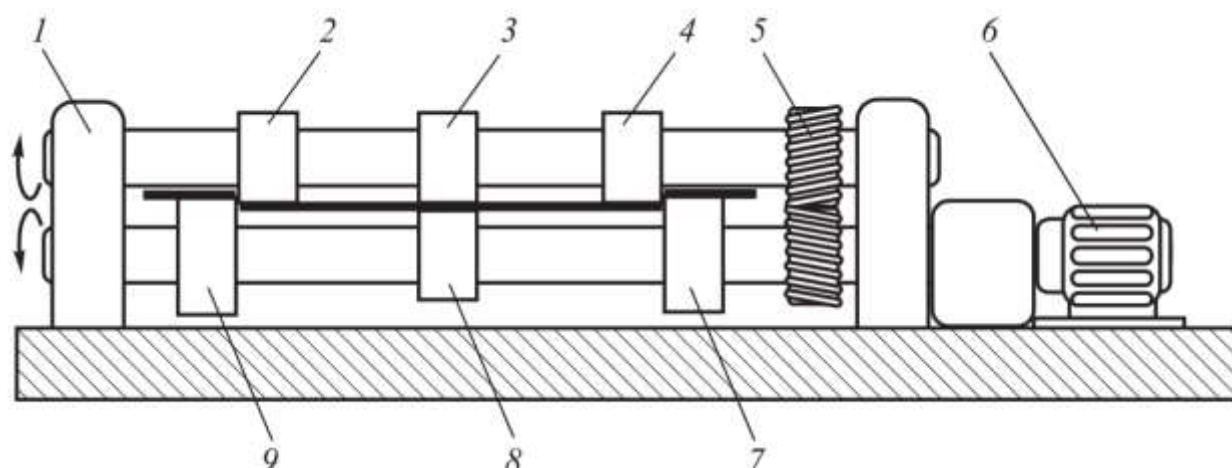


Рисунок 6 – Схема дисковых ножиц для резки боковых кромок: 1 — станина; 2, 4, 7, 9 — режущие дисковые ножи; 3, 8 — опорные диски; 5 — шестерня; 6 — электропривод

Порезка листов свыше 30мм производится огневым способом на отдельном участке цеха.

Точность толстолистого проката для всех марок сталей, производимых ПАО «АМЗ» соответствует ГОСТ 19903-74.[6]

#### 1.4.8 Клеймение листов

Каждый лист подлежит клеймению на клеймовочной машине в соответствии с ГОСТ 7566-94. Маркировка наносится на расстоянии не более 200 мм от края листа. Знак маркировки включает:

- товарный знак изготовителя, номер бригады;
- марку стали;
- номер плавки;

																			Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																19

- номер партии;
- толщину листа;
- знак ТМ (поставка по теоретической массе)
- на котельном металле – номер каждого листа.

Листы толще 30 мм клеймятся вручную.

При изготовлении листов из стали для судостроения под надзором регистра на каждом листе клеймо содержит:

- наименование или торговый знак завода;
- РС (клеймо Регистра) и марку стали;
- номер плавки, партии;
- знак ОТК и номер бригады..[6]

### 1.5 Влияние степени деформации в заключительных проходах на неплоскостность толстых листов

Причиной отклонения формы листового проката от заданной является различие условий деформации по ширине листов и полос. Различные условия процесса прокатки в поперечном направлении вызывают неравномерность деформаций и скоростей течения металла по ширине полосы.

Неплоскостность возникает вследствие неравномерности длин продольных участков полосы, вышедших из очага деформации. Неравномерность длин продольных участков полосы определяется распределением продольных скоростей металла по ширине полосы на входе и выходе из валков, которое зависит в свою очередь от распределения по ширине высотной деформации, натяжения, условий трения, деформации полосы в поперечном направлении.

Неравномерность высотной деформации определяется профилем подката и формой межвалковой щели, которая зависит от профилировки, упругого прогиба, неравномерности сплющивания и износа валков.

Неравномерность удельных натяжений по ширине полосы изменяет характер распределения величины критического угла и продольной скорости металла на выходе из валков по ширине. Например, при большем удельном натяжении на середине полосы критический угол и скорость металла на выходе из валков на этом участке увеличиваются, что вызывает смещение центрального участка полосы относительно крайних в направлении прокатки. В связи с этим при равномерном обжатии по ширине полосы происходит образование краевой волнистости перед валками и центральной - за ними.

Прокатка полос с проявлением всех описанных факторов характерна для ШСП и СХП. При прокатке на (тонко листовых станах) ТЛС влияние натяжения на формирование плоскостности листов отсутствует. В связи с этим преобладающим фактором, определяющим условия получения неплоскостности листов, является неравномерность обжатия по ширине полосы. На неплоскостность листового проката влияют также размеры листов. С уменьшением толщины и увеличением ширины листа склонность его к потере плоскостности при прочих равных условиях повышается.

Способы управления поперечным профилем и формой полос в ходе прокатки

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

отличаются по принципу действия, надежности, диапазону и точности регулирования, быстродействию, уровню капитальных затрат на реализацию и эксплуатацию, а также по другим показателям. Наиболее широкое распространение получили: 1) зонное охлаждение бочки рабочих валков; 2) принудительный изгиб рабочих валков в вертикальной плоскости; 3) гидропрофилирование опорных валков; 4) осевая сдвижка рабочих валков; 5) перекрещивание валков; 6) смещение рабочих валков вдоль направления прокатки. Станочное и тепловое профилирование валков. Изменение поперечного профиля полос путем изменения исходной величины выпуклости (вогнутости) бочки валков на отечественных листопрокатных станах по-прежнему является самым распространенным способом регулирования. Прокатываемые полосы группируют по марочному и размерному признакам и прокатывают с применением различных профилировок рабочих валков. Это, однако, увеличивает необходимый парк рабочих валков, затраты на их подготовку, а также снижает производительность стана из-за дополнительных перевалок.

Регулирование плоскостности полос изменением усилия прокатки. Воздействие на плоскостность полос изменением усилия прокатки основано на изменении упругого прогиба валкового узла. Желаемого эффекта, как правило, достигают изменением либо обжатия, либо натяжения полосы. Данный метод успешно используется при прокатке в непрерывной группе клетей при перераспределении частных обжатий между последней клетью и предыдущими. Применение метода связано с технологическими ограничениями, основным из которых является возможность прокатки нестабильной толщины полосы на выходе из стана. Метод также способствует образованию неплоскостности полос в межклетевых промежутках, контролировать которую в большинстве случаев невозможно, что увеличивает вероятность порывов полос.

## 1.6 Контроль качества продукции

Задачей работников службы технологического контроля предприятия является совершенствование всех видов выпускаемой продукции, обеспечение соотношения ее показателей уровню мировых достижений. Показатели свойства - это точность размеров, надежность эксплуатации, практичность использования, соответствие ГОСТам, требованиям эстетики.

Основные этапы технологического процесса производства проката, подлежащие контролю показаны на рисунке 7.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21



Рисунок 7 – Технологическая схема контроля продукции

Измерение температуры конца прокатки слитков и слябов выполняется с помощью переносного ручного, а также стационарного автоматического пирометра.

Температура начала прокатки определяется после удаления окалины, т. е. после второго - шестого пропуска для низколегированных марок стали. Температура начала прокатки в чистовой клети должна быть не более 900 °С соответственно для слитков и слябов, которая обеспечивается температурой нагрева металла в печи. Непрогретые, а также остывшие слитки и слябы к прокатке не допускаются.

Температура конца прокатки слитков и слябов, в чистовой клети – 750-780 °С, для листов толщиной до 10 мм - не более 780 °С.

В ходе прокатки валки непрерывно охлаждаются водой. Количество подаваемой воды должно регулироваться старшим вальцовщиком в зависимости от темпа прокатки и длины листов. В случае перерывов в прокатке, в зависимости от их продолжительности, количество подаваемой воды для охлаждения валков сокращается либо подача ее вовсе прекращается. Температура оборотной воды должна быть не больше 30°С, содержание в ней масел не более 50 мг/л. Взвешенные вещества крупностью до 40 мкм должны составлять 50-100 мг/л. Контроль за состоянием оборотной воды производится работниками экологической лаборатории. В случае превышения допустимых норм, необходимо остановить стан до устранения повышенной загрязненности.

Очистка поверхности раската от окалины производится в процессе прокатки гидросбивом с задней стороны рабочей клети. Для предупреждения образования царапин на нижней стороне листов проводки среднего и нижнего валков должны быть подобраны по высоте. Все неровности проводок обязательно зачищаются наждачным камнем.

Измерение толщины производится периодически ручным толщиномером с ценой деления 0,1 мм.

Прокатка листов производится по минусовым допускам с целью экономии металла по толщине при этом необходимо учитывать выработку валков. На

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

протяжении смены производится периодическая проверка выработки валков, ширины листов.

Все листы после прокатки проходят горячую правку на роликовой правильной машине. Настройка правильной машины на каждую толщину листа производится по циферблату. Загнутые концы листов перед подачей должны выправляться. Во избежание образования вмятин при правке, не должны допускаться в машину листы с загрязнённой поверхностью.

Листы правят только после удаления дефектов: местные утолщения, складки, загнутые кромки.

После правки листы охлаждаются на инспекторских столах поштучно. Охлаждение листов осуществляется вентиляторным воздухом. Ширина первой секции инспекторских столов 12 м. Ширина второй секции инспекторских столов 18 м. После охлаждения контролёр ОТК производит контроль листов с обеих сторон, замеряет толщину листов с учётом температурной усадки и отмечает дефектные места.

Разметка листов под порезку производится на разметочной машине согласно заказу с учетом температурной усадки металла. При разметке листов правая кромка размечается, а величина обрезки с левой кромки определяется периодически проверкой ширины не обрезного листа. Торцевая обрезь листов, прокатанных из слябов, определяется из условия полного удаления заката. Определение механических свойств металлопроката выполняется неразрушающим способом контроля на листах по ТИ 123-1 П. ГЛ-5-95 или испытанием образцов в условиях ЦЗЛ. Не допускается отбор проб от листов с наличием дефектов поверхности: пузыри, плен, рисок, вмятин, вкатов посторонних предметов.

Для спектрального анализа отбирают три образца, у края, середины и 1/2 полуширины листа. Количество листов, отбираемых от партии для проверки качества металла, определяется стандартами на виды продукции. От каждого контрольного листа берется только по одному комплекту образцов для механических испытаний.

Для уточнения химического состава стали, если это необходимо, производится контроль в готовом листе. Метод отбора проб для определения хим. состава стали по ГОСТ 7565.

В феврале 2011 года введена в эксплуатацию мобильная установка неразрушающего ультразвукового контроля (УЗК) качества толстолистового металлопроката "ЛИСТ М1-3" (ЦНИИ технологии машиностроения, г. Москва), которая позволяет выявлять несплошности (неоднородности) металла, скопления неметаллических включений, закатов, пор по классам (0,1,2,3) сплошности согласно ГОСТ 22727-88. УЗК обеспечивает достоверное определение сплошности листа согласно требованиям потребителей и нормативной документацией для УЗК.

Горячекатаные листы из всех марок сталей по ГОСТ 22727:

- 0 класса сплошности толщиной от 8 до 16 мм включительно;

Горячекатаные листы из сталей марок ст3сп, 10-45, 15К-20К, С255, С345, 15Г-40Г, 20Х-40Х, 20ХГСА-30ХГСД, 10ХСНД – 15ХСНД, 12ГС-17ГС, 09Г2С, 09Г2С

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

К, 10Г2С, 17Г1С, 15ГФ, А, В, Д, А32, Д32 изготавливаются следующих классов сплошности по ГОСТ 22727:

- 1,2,3 класса сплошности толщиной от 8 до 30 мм включительно;
- 2,3 класса сплошности толщиной свыше 30 мм до 60 мм включительно.

Каждый лист подлежит клеймению на клеймовочной машине по ГОСТ 7566-94. Маркировка наносится на расстоянии не более 200 мм от края листа. Знак маркировки включает:

- товарный знак изготовителя, номер бригады.
- марку стали
- номер плавки
- номер партии
- толщину листа
- знак ТМ (поставка по теоретической массе)
- на котельном металле номер каждого листа.

При изготовлении листов из стали для судостроения под надзором Регистра на каждом листе клеймо содержит:

- наименование или торговый знак завода
- РС (клеймо Регистра) и марку стали
- номер плавки, партии
- знак ОТК и № бригады

Возможны следующие дефекты поверхности листов: плены, трещины, неметаллические включения подлежат зачистке, если глубина их залегания не выводит лист за пределы допускаемых отклонений. Зачистка производится вне потока напольными зачистными машинками.

После осмотра ОТК зачищенные листы пакетируются в потоке. Глубина зачистки определяется прибором глубиномером. Если толщина выходит из допуска листы обрезаются и переводятся в 2-й сорт или бракуется полностью по стандарту ТУ 14-1-1470-86. Все листы 2-го сорта клеймятся «2 сорт» и через тире номер нормативно – технического документа – «4170».

Приемка готовой продукции и отгрузка металла вагонными партиями.

Приемка и оформление документации на готовую продукцию выполняется в соответствии с требованиями по ГОСТ 756—94.

На готовый лист оформляются накладные, в которых: номер заказа, размеры листа, масса и номер плавки. На котельной записывается номер листа. Сдаче на склад готовой продукции подлежат только повальные партии металла при условии, что химический состав, механические и технологические свойства, размеры и поверхность листов удовлетворяют требованиям стандартов и заказа. На складе листы укладываются в пакеты.

Каждая партия сопровождается документом о качестве, содержащий:

- наименование (товарный знак);
- наименование потребителей;
- номер заказа;
- дату оформления документа;

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- марку стали;
- номер плавки;
- номер партии;
- наименование металлопродукции;
- размеры и масса листов.

В случае доставки по сдаточной массе знак «ТМ», коэффициент пересчета или теоретическую массу одного листа, сведения о группах и категориях проката по свойствам, номер НТД, химический состав стали, результаты механических испытаний и штамп ОТК.

После листоотделки листы транспортируются на участок порезки сутунки расположенный в IV пролете цеха.

На гидравлических ножницах листы режутся на карточки заданного размера и складываются в пакеты. Масса пакета не превышает 3 тонн.

Мерная сутунка поступает в пакетирующее устройство, где происходит обвязка и маркировка сутунки.

Готовый пакет при помощи крана поступает на склад готовой продукции, где происходит взвешивание пакетов. После приемки продукции ОТК и оформления сопроводительных документов пакеты отгружаются в листопрокатный цех №2, где происходит прокатка сутунки на более тонкие размеры. [6]

Вывод по первому разделу.

Исходные данные к работе проанализированы. Поэтапно рассмотрена технология производства стали, а также контроля готовой продукции в условиях ПАО «Ашинский метзавод».

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

## 2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Расчет размеров заготовки

Расчет размеров заготовки для получения толстого горячекатаного листа из стали марки 60Г.

Размеры готового листа имеют следующие значения:

$$l_1 = 12000 \text{ мм} = 12 \text{ м};$$

$$b_1 = 2000 \text{ мм} = 2 \text{ м};$$

$$h_1 = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}.$$

Используя данные по размерам слябы для стана Трио-Лаута «2850» из п.1.3 принимаем начальную ширину сляба:

$$b_0 = 1000 \text{ мм} = 1 \text{ м}.$$

а толщину сляба:

$$h_0 = 300 \text{ мм} = 0,3 \text{ м}.$$

Находим длину сляба, для этого используем формулу постоянства объёма:

$$\frac{l_0 b_0 h_0}{l_k b_k h_k} = 1 \quad (1)$$

Расходный коэффициент берем 1,1:

$$\frac{l_0 b_0 h_0}{l_k b_k h_k} = 1,1$$

Длина слябы для одного листа составит:

$$l_{сл} = \frac{1,1 l_k b_k h_k}{b_0 h_0} = \frac{1,1 \cdot 12000 \cdot 2000 \cdot 20}{1000 \cdot 300} = 1700 \text{ мм}$$

Для получения горячекатаного листа из сплава марки 60Г необходим сляб следующих размеров:

$$b_0 = 1000 \text{ мм} = 1 \text{ м};$$

$$h_0 = 300 \text{ мм} = 0,3 \text{ м};$$

$$l_0 = 1760 \text{ мм} = 1,76 \text{ м}.$$

### 2.2 Расчет режимов обжатий

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



### 1 проход

Находим максимальное возможное обжатие в первом проходе через коэффициент контактного трения по уравнениям Гелли:

- для стальных валков

$$f = 1,05 - 0,0005t - 0,056v, \quad (2)$$

где  $t$  – температура полосы,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $v$  – скорость прокатки, м/с.

$$f = 1,05 - 0,0005t - 0,056v = 1,05 - 0,0005 \cdot 1150 - 0,056 \cdot 3 = 0,306$$

Приравнивая коэффициент контактного трения к углу захвата, получаем:

$$\Delta h_{\text{макс}} = \alpha^2 R = 0,307^2 \cdot 450 = 42,13 \text{ мм}; \quad (3)$$

Принимаем  $\Delta h_1 = 42 \text{ мм}$ .

Определим угол захвата металла валками:

$$\alpha = \sqrt{\frac{2\Delta h_1}{D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 42}{1000}} = 0,289 \quad (4)$$

Захват листа валками происходит при условии:  $\alpha < f$

$$0,289 < 0,306 - \text{захват происходит}$$

Определяем относительное обжатие:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h_1}{h_0} = \frac{42}{300} = 0,17 \quad (5)$$

Вычисляем длину дуги контакта металла с валками и среднюю толщину сляба:

$$l_{d_1} = \sqrt{\Delta h_1 \cdot R} = \sqrt{40 \cdot 450} = 137,477 \text{ мм}; \quad (6)$$

Вычисляем толщину листа после 1-го прохода:

$$h_1 = h_0 - \Delta h_1 = 300 - 42 = 258 \text{ мм}, \quad (7)$$

$$h_{cp1} = \frac{h_0 + h_1}{2} = \frac{300 + 258}{2} = 279 \text{ мм}. \quad (8)$$

Находим показатель фактора формы:

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$\frac{l_{d1}}{h_{cp1}} = \frac{137,477}{279} = 0,49 \quad (9)$$

Определяем среднюю скорость деформации металла:

$$U_1 = \frac{v\varepsilon_1}{l_{d1}} = \frac{3 \cdot 1000 \cdot 0,17}{137,477} = 3,055 \text{ с}^{-1} \quad (10)$$

Вычисляем сопротивление деформации металла по методике Л. В. Андрюка:

$$\sigma_{ul} = S \sigma_{od} U_1^a (10\varepsilon_1)^b \cdot \left(\frac{T_0}{1000}\right)^c = 100,7 \cdot 3,055^{0,166} \cdot (10 \cdot 0,17)^{0,222} \cdot \left(\frac{1150}{1000}\right)^{-3,02} = 85 \text{ МПа} \quad (11)$$

где  $S = 100,7$ ;  $a = 0,166$ ;  $b = 0,222$ ;  $c = -3,02$  коэффициенты для стали 60Г по Андрюку – Тюленеву, полученные расчетным путем [1]

Определяем коэффициент напряженного состояния металла:

$$\text{При } 0,6 < \frac{l_{d1}}{h_{cp.1}} \leq 1; n_{\sigma 1} = \left(\frac{l_{d1}}{h_{cp.1}}\right)^{-0,21} = 0,49^{-0,21} = 1,163$$

Находим среднее удельное давление:

$$p_{cp.1} = 1,15 \cdot n_{\sigma 1} \sigma_{ul} = 1,15 \cdot 1,163 \cdot 85 = 113,68 \text{ МПа} \quad (12)$$

Определяем усилие прокатки:

$$F_1 = p_{cp.1} b_0 l_{d1} = 113,68 \cdot 1000 \cdot 137,477 \cdot 10^{-6} = 15,37 \text{ МН} \quad (13)$$

Вычисляем коэффициент плеча момента по эмпирической формуле В. М.

Луговского при  $\left(\frac{l_{d1}}{h_{cp1}} < 1\right)$ :

$$\psi_1 = 0,68 + 0,0018 \cdot \varepsilon_1 - 0,31 \cdot \frac{l_{d1}}{h_{cp1}} = 0,68 + 0,0018 \cdot 0,17 - 0,31 \cdot 0,49 = 0,528 \quad (14)$$

Тогда момент прокатки

$$M_{np.1} = 2F_1 \psi_1 \cdot l_{d1} = 2 \cdot 15,37 \cdot 0,528 \cdot 137,477 \cdot 10^{-3} = 2,23 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (15)$$

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Определяем величину уширения:

$$\Delta b_1 = \frac{0,4\Delta h_1 l_{d1}}{h_0} = \frac{0,4 \cdot 42 \cdot 137,477}{300} = 10 \text{ мм} \quad (16)$$

Находим ширину раската после 1-го прохода с учетом уширения:

$$b_1 = b_0 + \Delta b_1 = 1000 + 10 = 1010 \text{ мм} \quad (17)$$

Вычисляем коэффициент вытяжки в 1 проходе:

$$\lambda_1 = \frac{h_0 b_0}{h_1 b_1} = \frac{300 \cdot 1000}{258 \cdot 1013} = 1,14 \quad (18)$$

Определяем длину полосы после 1 прохода:

$$L_1 = \lambda_1 L_0 = 1,14 \cdot 1760 = 2026 \text{ мм} \quad (19)$$

Размеры раскатанного сляба после 1 прохода: 2026 x 1010 x 258 мм.  
Расчетные данные по обжатиям за проход представлены в таблице 12.  
Температура слябы после прокатки:

$$T_1 = T_0 - \Delta t_{\text{изл.1}} - \Delta t_{\text{кв.1}} + \Delta t_{\text{нд.1}}, \quad (20)$$

где  $T_0 = 1150 \text{ }^\circ\text{C}$  – начальная температура слитка перед прокаткой,  
 $\Delta t_{\text{изл.1}}$  - потери тепла за время между проходами.

$$\Delta t_{\text{изл.1}} = C_1 \cdot \frac{\tau}{h_1} (T_0 + 273)^4 = 19,5 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{7}{258} \cdot (1150 + 273)^4 = 3,2 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (21)$$

где:  $\tau = 7$  сек. время между проходами;  $h_1$  – толщина полосы, мм;  $C_1$  - коэффициент зависящий от марки стали, при прокатке

$$C_1 = 19,5 \cdot 10^{-12} \text{ мм}/(\text{с} \cdot \text{град}^3). \quad (22)$$

Переворачиваем заготовку на 90 градусов.

Значит  $l_1 = 1010$  мм  $b_1 = 2026$  мм

*2 проход*

Принимаем  $\Delta h_2 = 40$  мм

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определяем относительное обжатие:

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta h_2}{h_1} = \frac{40}{258} = 0,155$$

Вычисляем длину дуги контакта металла с валками:

$$l_{d2} = \sqrt{\Delta h_2 \cdot R} = \sqrt{40 \cdot 450} = 134,16 \text{ мм};$$

Вычисляем толщину листа после 2-го прохода:

$$h_2 = h_1 - \Delta h_2 = 258 - 40 = 218 \text{ мм},$$

$$h_{cp2} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{258 + 218}{2} = 238 \text{ мм}$$

Находим показатель фактора формы:

$$\frac{l_{d2}}{h_{cp2}} = \frac{134,16}{238} = 0,56.$$

Определяем среднюю скорость деформации металла:

$$U_2 = \frac{v \varepsilon_2}{l_{d2}} = \frac{3 \cdot 1000 \cdot 0,155}{134,16} = 3,46 \text{ с}^{-1}$$

Определим коэффициент напряженного состояния металла:

$$\text{При } 0,6 < \frac{l_{d2}}{h_{cp2}} \leq 1; n_{\sigma 2} = \left( \frac{l_{d2}}{h_{cp2}} \right)^{-0,21} = 0,56^{-0,21} = 1,129$$

Вычисляем сопротивление деформации металла по методике Л. В. Андреюка:

$$\sigma_{u1} = S \sigma_{o0} U_1^a (10 \varepsilon_1)^b \cdot \left( \frac{T_0}{1000} \right)^c = 100,7 \cdot 3,46^{0,166} \cdot (10 \cdot 0,155)^{0,222} \cdot \left( \frac{1147}{1000} \right)^{-3,02} = 90 \text{ МПа}$$

Находим среднее удельное давление:

$$p_{cp2} = 1,15 \cdot n_{\sigma 2} \sigma_{u2} = 1,15 \cdot 1,129 \cdot 90 = 116,85 \text{ МПа}$$

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Определяем усилие прокатки:

$$F_2 = p_{cp2} b_1 l_{d2} = 116,85 \cdot 2026 \cdot 134,16 \cdot 10^{-6} = 17,36 \text{ МН}$$

Вычисляем коэффициент плеча момента по эмпирической формуле В. М. Луговского при  $\left( \frac{l_{d2}}{h_{cp.}} < 1 \right)$ :

$$\psi_2 = 0,68 + 0,0018 \cdot \varepsilon_2 - 0,31 \cdot \frac{l_{d2}}{h_{cp2}} = 0,68 + 0,0018 \cdot 0,155 - 0,31 \cdot 0,56 = 0,506$$

Тогда момент прокатки

$$M_{np.2} = 2F_2 \psi_2 \cdot l_{d2} = 2 \cdot 17,36 \cdot 0,506 \cdot 134,16 \cdot 10^{-3} = 2,013 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Определяем величину уширения:

$$\Delta b_2 = \frac{0,4 \Delta h_2 l_{d2}}{h_1} = \frac{0,4 \cdot 40 \cdot 134,196}{258} = 9 \text{ мм}$$

Находим ширину раската после 2-го прохода с учетом уширения:

$$b_2 = b_1 + \Delta b_2 = 2026 + 9 = 2035 \text{ мм}$$

Вычисляем коэффициент вытяжки во 2 проходе:

$$\lambda_2 = \frac{h_1 b_1}{h_2 b_2} = \frac{258 \cdot 2026}{218 \cdot 2035} = 1,17$$

Определяем длину полосы после 2 прохода:

$$L_2 = \lambda_2 L_1 = 1,17 \cdot 1010 = 1181 \text{ мм}$$

Размеры раскатанного сляба после 2 прохода: 1190x2035x218 мм.

Проводим расчет температуры заготовки после второго прохода.

$$\Delta t_{изл.2} = C_1 \cdot \frac{\tau}{h_2} (T_1 + 273)^4 = 19,5 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{7}{218} \cdot (1147 + 273)^4 = 4 \text{ C}^0$$

3 проход.

Принимаем  $\Delta h_3 = 35 \text{ мм}$

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР				

Определяем относительное обжатие:

$$\varepsilon_3 = \frac{\Delta h_3}{h_2} = \frac{35}{218} = 0,16$$

Вычисляем длину дуги контакта металла с валками:

$$l_{d3} = \sqrt{\Delta h_3 \cdot R} = \sqrt{35 \cdot 450} = 125,5 \text{ мм};$$

Вычисляем толщину листа после 3-го прохода:

$$h_3 = h_2 - \Delta h_3 = 218 - 35 = 183 \text{ мм},$$

$$h_{cp3} = \frac{h_2 + h_3}{2} = \frac{218 + 183}{2} = 200,5 \text{ мм}$$

Находим показатель фактора формы:

$$\frac{l_{d3}}{h_{cp3}} = \frac{125,5}{200,5} = 0,625.$$

Определяем среднюю скорость деформации металла:

$$U_3 = \frac{v \varepsilon_3}{l_{d3}} = \frac{3 \cdot 1000 \cdot 0,16}{125,5} = 3,82 \text{ с}^{-1}$$

Определим коэффициент напряженного состояния металла:

$$\text{При } 0,6 < \frac{l_{d3}}{h_{cp3}} \leq 1; n_{\sigma 3} = \left( \frac{l_{d3}}{h_{cp3}} \right)^{-0,21} = 0,625^{-0,21} = 1,1$$

Вычисляем сопротивление деформации металла по методике Л. В. Андреюка:

$$\sigma_{u1} = S \sigma_{od} U_1^a (10 \varepsilon_1)^b \cdot \left( \frac{T_0}{1000} \right)^c = 100,7 \cdot 3,82^{0,166} \cdot (10 \cdot 0,16)^{0,222} \cdot \left( \frac{1143}{1000} \right)^{-3,02} = 46 \text{ МПа}$$

Находим среднее удельное давление:

$$p_{cp3} = 1,15 \cdot n_{\sigma 3} \sigma_{u3} = 1,15 \cdot 1,1 \cdot 46 = 58,19 \text{ МПа}$$

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Определяем усилие прокатки:

$$F_3 = p_{\varphi 3} b_2 l_{d3} = 58,19 \cdot 2035 \cdot 99,5 \cdot 10^{-6} = 14,86 \text{ МН}$$

Определяем величину уширения в 3 проходе:

$$\Delta b_3 = \frac{0,4 \Delta h_3 l_{d3}}{h_2} = \frac{0,4 \cdot 2035 \cdot 125,5}{218} = 8 \text{ мм}$$

Находим ширину раската после 3-го прохода с учетом уширения:

$$b_3 = b_2 + \Delta b_3 = 2035 + 8 = 2043 \text{ мм}$$

Вычисляем коэффициент вытяжки в 3 проходе:

$$\lambda_3 = \frac{h_2 b_2}{h_3 b_3} = \frac{218 \cdot 2035}{183 \cdot 2043} = 1,18$$

Определяем длину полосы после 3 прохода:

$$L_3 = \lambda_3 L_2 = 1,18 \cdot 1190 = 1412 \text{ мм}$$

Размеры раскатанного сляба после 3 прохода: 2043x1412x183 мм.

Расчет температуры заготовки после 3 прохода делаем по аналогии с предыдущими расчетами.

*4 проход.*

Выбираем величину абсолютного обжатия  $\Delta h_4 = 30 \text{ мм}$ .

Определяем относительное обжатие:

$$\varepsilon_4 = \frac{\Delta h_4}{h_3} = \frac{30}{153} = 0,19$$

Вычисляем длину дуги контакта металла с валками:

$$l_{d4} = \sqrt{\Delta h_4 \cdot R} = \sqrt{30 \cdot 450} = 116,1 \text{ мм};$$

Вычисляем толщину листа после 4-го прохода:

$$h_4 = h_3 - \Delta h_4 = 183 - 30 = 153 \text{ мм},$$

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$h_{cp4} = \frac{h_3 + h_4}{2} = \frac{183 + 153}{2} = 168 \text{ мм}$$

Находим показатель фактора формы:

$$\frac{l_{d4}}{h_{cp4}} = \frac{116,1}{168} = 0,69.$$

Определяем среднюю скорость деформации металла:

$$U_4 = \frac{v\varepsilon_4}{l_{d4}} = \frac{3 \cdot 1000 \cdot 0,19}{116,1} = 4,9 \text{ с}^{-1}$$

Определим коэффициент напряженного состояния металла:

$$\text{При } 0,6 < \frac{l_{d4}}{h_{cp4}} \leq 1; n_{\sigma4} = \left( \frac{l_{d4}}{h_{cp4}} \right)^{-0,21} = 0,62^{-0,21} = 1,1$$

Вычисляем сопротивление деформации металла по методике Л. В. Андреюка:

$$\sigma_{u1} = S\sigma_{od} U_1^a (10\varepsilon_1)^b \cdot \left( \frac{T_0}{1000} \right)^c = 100,7 \cdot 4,9^{0,166} \cdot (10 \cdot 0,19)^{0,222} \cdot \left( \frac{1138,5}{1000} \right)^{-3,02} = 15 \text{ МПа}$$

Находим среднее удельное давление:

$$p_{cp4} = 1,15 \cdot n_{\sigma4} \sigma_{u4} = 1,15 \cdot 1,1 \cdot 151 = 163,1 \text{ МПа}$$

Определяем усилие прокатки:

$$F_4 = p_{cp4} b_3 l_{d4} = 163,1 \cdot 2043 \cdot 106,06 \cdot 10^{-6} = 16,44 \text{ МН}$$

Вычисляем коэффициент плеча момента по эмпирической формуле В. М.

Луговского при  $\left( \frac{l_{d4}}{h_{cp4}} < 1 \right)$ :

$$\psi_4 = 0,68 + 0,0018 \cdot \varepsilon_4 - 0,31 \cdot \frac{l_{d4}}{h_{cp4}} = 0,68 + 0,0018 \cdot 0,19 - 0,31 \cdot 0,69 = 0,48$$

Тогда момент прокатки

$$M_{np4} = 2F_4 \psi_4 \cdot l_{d4} = 2 \cdot 16,44 \cdot 0,48 \cdot 116,1 \cdot 10^{-3} = 1,67 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Уширение листа из-за его малой величины не учитываем.

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР				



$$\Delta b_4 = \frac{0,4\Delta h_4 l_{d4}}{h_3} = \frac{0,4 \cdot 30 \cdot 106,06}{183} = 7_{\text{мм}} \text{ мм}$$

Находим ширину раската после 4-го прохода с учетом уширения:

$$b_4 = b_3 + \Delta b_4 = 2043 + 7 = 2050 \text{ мм}$$

Вычисляем коэффициент вытяжки в 4 проходе:

$$\lambda_4 = \frac{h_3}{h_4} = \frac{183}{153} = 1,19$$

Длина полосы после 4 прохода:

$$L_4 = \lambda_4 L_3 = 1,19 \cdot 1412 = 1683 \text{ мм}$$

Размеры раскатанного сляба после 4 прохода: 1683x2050x153 мм. Расчетные данные по обжатиям за проход сведены в таблицу 12.

Расчет температуры заготовки после 4 прохода делаем по аналогии с предыдущими расчетами.

Последующие проходы рассчитываем аналогично проходу № 4. Данные по расчетам сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Данные по расчетам проходов № 1-15

№ прохода	$\Delta h$ , мм	$\varepsilon$	$l_{dN}$ , мм	Размеры заготовки, мм	Обжатие за проход $\Delta h$ , мм	Удлинение за проход $\Delta l$ , мм
1	42	18%	137	2026x1010x258	42	266
2	40	19%	134	1190x2035x218	40	180
3	35	19%	125,5	1412x2043x183	35	222
4	30	19%	116,1	1683x2050x153	30	271
5	25	19%	108	2005x2057x128	25	322
6	20	19%	99,5	2368x2064x108	20	363
7	18	20%	95,5	2833x2070x90	18	465
8	16	21%	88	3438x2075x74	16	605
9	14	23%	82	4230x2080x60	14	792
10	12	21%	76	5277x2084x48	12	1047
11	10	20%	73	6653x2088x38	10	1376
12	8	16%	69,5	8411x2092x30	8	1758
13	6	14%	63	10499x2095x24	6	2088
14	3	12%	58	11988x2097x21	3	1489
15	1	5%	49	12587x2097x21	1	599

Вывод по второму разделу.

Для получения горячекатаного листа из стали 60Г размерами 20x2000x12000, необходимо произвести 15 проходов. Важно уменьшать относительное обжатие к концу прокатки так как происходит упрочнение металла и лист остывает.

### 3 ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА

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

Качество проката формируется, начиная от сырья и особенно - в процессе сталеплавильного и прокатного переделов. Поэтому дефекты проката делятся на две группы – сталеплавильного и прокатного происхождения. Дефекты сталеплавильного происхождения следует выявлять и устранять до прокатки, а в случае не возможности устранения дефекта не допускать к прокатке. Дефекты прокатного происхождения образуются из-за нарушения технологических инструкций по нагреву, прокатке и отделке.

#### 3.2 Виды дефектов прокатного происхождения

К дефектам прокатного производства принято относить:

- дефекты, связанные с нагревом заготовки (перегрев, пережог);
- дефекты, связанные с прокаткой (недокат, вмятины, риски, закат, волнистость, коробоватость, серповидность, разнотолщинность, вкатывание посторонних предметов, прокатная плена, несоответствие механических свойств требованиям стандартов);
- дефекты раскрыя, порезки и охлаждения листов после прокатки (коробоватость, косина реза, несоответствие размеров, листы с рваной кромкой, заусенцы).

К дефектам нагрева относят окалинообразование, обезуглероживание поверхностного слоя, перегрев и пережог, а также внутренние трещины. В обычных условиях избежать окалинообразования невозможно и это приводит к потерям до 2% металла и более.

1. Поверхностное обезуглероживание- обеднение стали углеродом, начинающееся с поверхности. Как правило, наружный слой стали почти полностью обезуглерожен. К этому слою примыкает область с пониженным содержанием углерода. При почти полном отсутствии углерода говорят о полном обезуглероживании, при уменьшенном содержании этого элемента — о частичном обезуглероживании. Структура полностью обезуглероженной зоны представляет собой чистый феррит. Структура переходного слоя характеризуется постепенно уменьшающейся к сердцевине долей феррита.

Причины возникновения – это взаимодействие углерода, содержащегося в стали, главным образом с кислородом, а также с водородом окружающей среды, причем реакционная способность в системе металл — газ, так же как и диффузия кислорода и водорода, увеличиваются с ростом температуры. Поскольку диффузионный перенос контролируется, кроме того, временем, то и обезуглероживание увеличивается с ростом продолжительности нагрева.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					36

Основными причинами являются:

а) обезуглероживающая атмосфера при нагреве стали до температуры горячей деформации и при отжиге (в печах без защитной атмосферы);

б) попадание в печь обезуглероживающей атмосферы при отжиге в печах с защитным газом (например, при светлом отжиге холоднодеформированных изделий);

в) недостаточное удаление окалины с поверхности термически обрабатываемых изделий, а конкретно при отжиге в печах с защитным газом;

г) обезуглероженная поверхность у слябов или слитков.

Для предупреждения поверхностного обезуглероживания необходимо:

а) создание надлежащей атмосферы при нагреве исходных заготовок до температуры горячей деформации или отжига

б) применение быстрого нагрева

в) герметичность нагревающих устройств, исключая подсос воздуха при отжиге в защитной атмосфере

г) использование очищенных от окалины полупродуктов при их отжиге в печах с защитной атмосферой

д) использование науглероживающей атмосферы

е) использование качественных исходных заготовок.

Для устранения дефекта поверхностное обезуглероживание используют, в зависимости от типа изделий, огневую зачистку, шлифовку, обточку. В редких случаях применяют науглероживающий отжиг.

Обезуглероживание поверхностной зоны ухудшает качество продукции: уменьшает ее прочность, твердость и уменьшает сопротивление деформации и изнашиванию. Поэтому обезуглероживание поверхности особенно нежелательно для инструментальных, подшипниковых и износостойких сталей.

К обезуглероживанию поверхности склонны почти все стали, содержащие  $>0,2\%$  углерода. Необезуглероженную поверхность можно получить только при нагревах в соответствующих защитных атмосферах или при удалении обезуглероженных поверхностных слоев. Однако по экономическим и техническим соображениям это возможно только для ограниченного круга специальных изделий (например, сталей, к которым предъявляются требования повышенной отделки поверхности, тянутой стальной проволоки, горячекатаного стального прутка, предназначенного для волочения). Поэтому обезуглероживание поверхности рассматривается как дефект только в том случае, если оно превышает допустимую величину.

2. Перегрев поверхности - дефект в виде шероховатости поверхности с крупным зерном, рыхлой окалиной и сеткой трещин по границам крупных кристаллов, образующейся при превышении температуры и времени нагрева. Прокат из такой стали можно довести до требований ГОСТ при помощи термообработки.

3. Пережог - сильно разветвленные трещины, часто в виде сетки. Встречаются у кромок и на поверхности листа (рисунок 8).

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

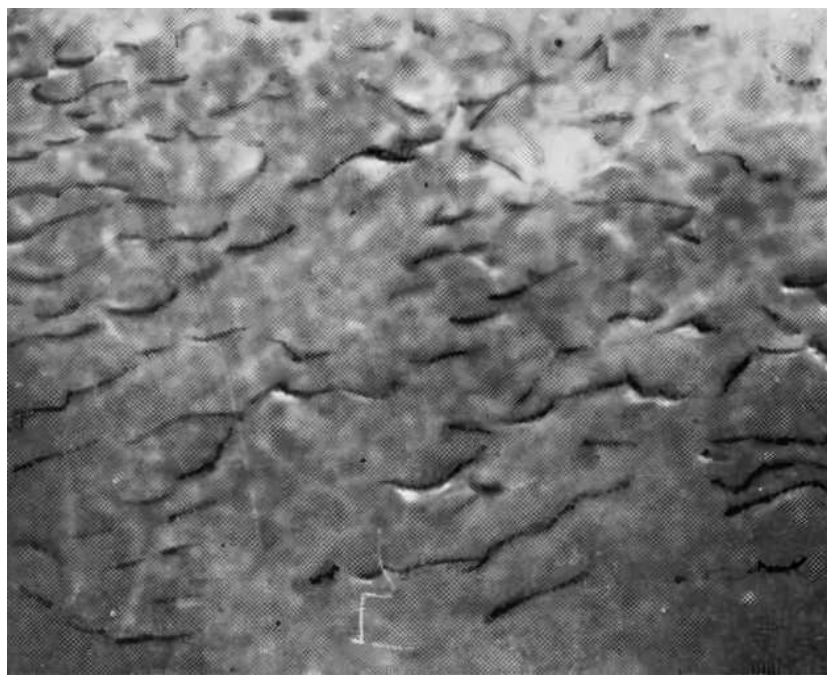


Рисунок 8 – Пережог листа

Причины возникновения: при слишком высокой температуре нагрева или чрезмерно длительном нагреве в нагревательных колодцах или в печах, в том числе при отжиге, кислород из атмосферы печей проникает в поверхностные слои, прежде всего, вдоль границ зерен. Если трещины получают сильное развитие при деформации, то возможно горячее разрушение, усугубляемое оплавлением сульфидов при температурах  $\sim 1200^{\circ}\text{C}$  по границам зерен.

Предупреждение:

- не допускать местных языков пламени, могущих касаться поверхности металла
- соблюдать режим нагрева в печах и нагревательных колодцах
- контролировать состав атмосферы при нагреве.
- соблюдать установленные технологией температуры и выдержки при нагреве под деформацию и отжиг.

Устранить данный дефект невозможно. Материал, пораженный пережогом, непригоден к дальнейшему использованию.

4. Внутренние трещины за частую появляются в результате ускоренного нагрева или охлаждения сталей с пониженной теплопроводимостью и пластичностью. Внутренние напряжения, возникающие из-за перепада температур и структурных превращений могут превысить прочность сталей с образованием внутренних трещин.

5. Чешуйчатость - это отслоения и разрывы в виде сетки, образовавшиеся вследствие перегрева или пониженной пластичности металла периферийной зоны (рисунок 9). Снижение пластичности может быть вызвано выделением по границам зерен легкоплавких составляющих или насыщением поверхности металла серой при нагреве его в среде сернистых газов.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

На микрошлифе разрывы совпадают с границами зерен и сопровождаются оксидами и эвтектическими фазами.

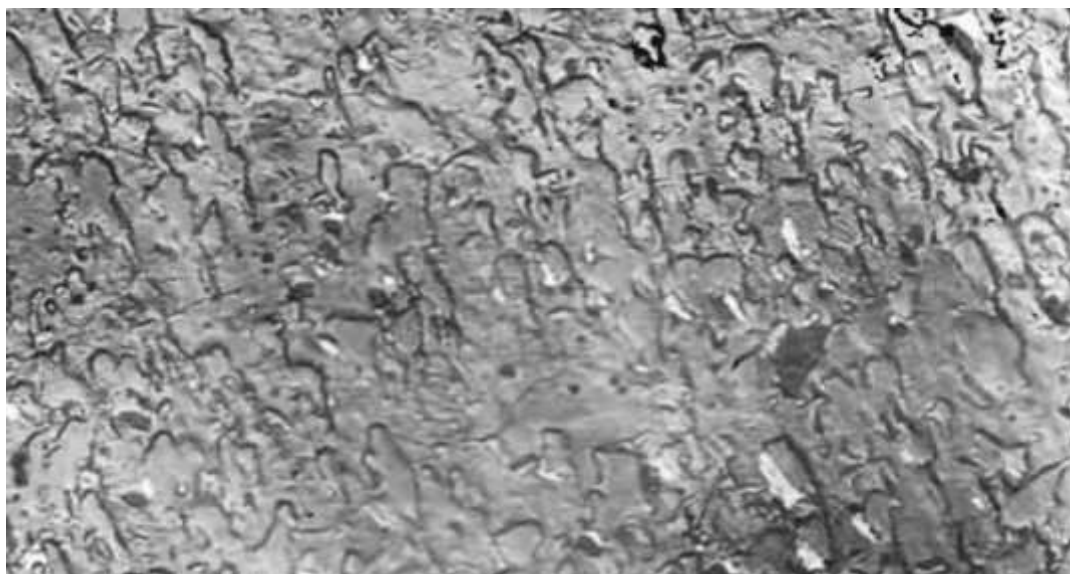


Рисунок 9 – Чешуйчатость прокатного листа

Дефекты, образуемые при прокате:

1. Продольные трещины - являются следствием дефектов поверхностей валков обжимных клетей, грубой вырубки дефектов заготовки и пр., поперечные - следствием повышенных обжатий при свободном уширении.

2. Прокатная пленка (отслоение) – дефект поверхности, представляющий собой отслоение металла языкообразной формы, соединенное с основным металлом одной стороной, образовавшееся вследствие раскатки рванин, подрезов, следов некачественной зачистки дефектов или большой выработки валков, а также грубых механических повреждений (рисунок 10). На микрошлифе в зоне дефекта может наблюдаться окалина, металл обезуглерожен.



Рисунок 10 – Прокатная пленка (корка, отслоение)

3. Ус (заусенец, выступ) – дефект поверхности, представляющий собой продольный выступ с одной или двух диаметрально противоположных сторон прутка, образуется из-за неправильной подачи металла в калибр, переполнения калибров или неправильной настройки валков и привалковой арматуры (рисунок 11).

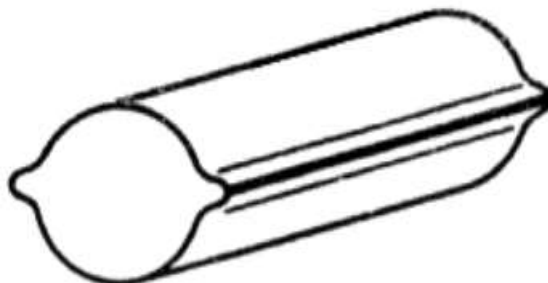


Рисунок 11 – Ус (заусенец, выступ, лампас)

4. Закат – это прикатанный продольный выступ, образовавшийся в результате закатывания уса, подреза, грубых следов зачистки и глубоких рисок. Дефект зачастую расположен с двух диаметрально противоположных сторон и имеет зазубренный край (рисунок 12). Расположен под острым углом к поверхности (в отличие от трещины).

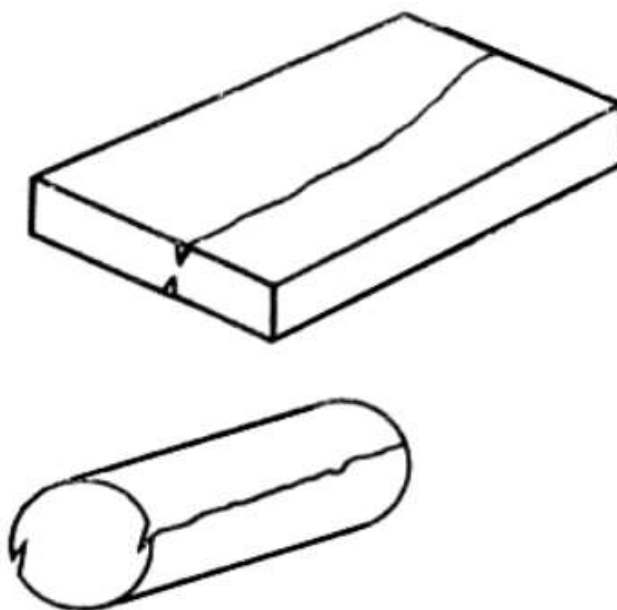


Рисунок 12 – Закат

5. Рванина на кромках (рваная кромка) – дефект поверхности листа в виде разрыва металла по кромкам листа, образуется из за нарушения технологий прокатки, а также при прокатке металла с пониженной пластичностью, обусловленной технологией выплавки (рисунок 13).



Рисунок 13 - Рваная кромка

6. Вмятины - местные углубления на листе, которые могут иметь как периодическое, так и беспорядочное расположение. Причины: налипания на валках, окалина или остатки шлака на поверхности листа при горячей правке.

7. Риски - протяженные углубления в направлении прокатки (в углублениях не наблюдаются посторонние включения). Возникают из-за:

- движения по остановленному рольгангу;
- не полностью убранного (утопленного) кантователя;
- не плоскостности роликов;
- не вращающихся холостых роликов.

8. Сквозные разрывы - дефект поверхности в виде сквозных несплошностей листа и ленты, образующихся при деформации полосы неравномерной толщины или с вкатанными инородными телами (рисунок 14). Причиной неравномерной толщины полосы может быть зачистка дефектов на глубину, превышающую допуск, наличие рыхлости и поперечная разнотолщинность.



Рисунок 14 - Сквозные разрывы на листе металла

9. Надрывы (надрывы местные, надрывы по окалине) - дефект поверхности в виде поперечных несквозных разрывов на тонких листах, образующихся при прокатке в местах забоин, углублений от зачистки, раскатанных загрязнений и окалины.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

10. Продир (задир, лыска) – проявляется в виде широких продольных углублений, образующихся от резкого трения проката о детали прокатного и подъемно-транспортного оборудования.

11. Отпечатки (бугорки, насечки, выступы, надавы от валков) - проявляется в виде углублений или выступов, расположенных по всей поверхности или на отдельных ее участках, образовавшихся от выступов и углублений на прокатных валках, роликах или ковочном инструменте. На катаном металле дефект периодически повторяется по длине раската.

12. Искажение геометрической формы раската в продольном (разнотолщинность, волнистость, коробоватость, серповидность и пр.) и поперечном (разнотолщинность, овальность круга, ромбичность квадрата и т.д.) направлениях.

а) *Разнотолщинность.*

Причины возникновения:

- форма валков не соответствует поперечному сечению полосы или листа.
- сильная разница в температуре валков в центре бочки и по ее краям
- неравномерный прогрев пакетов листов при горячей прокатке
- неравномерный подвод смазки и эмульсии при холодной прокатке
- неоднородность структуры полосы или листа
- неравномерное по длине бочки давление валков.
- неравномерная толщина исходных горячекатаных полос или листов.

Устранение разнотолщинности возможно только в ограниченной степени путем дополнительной прокатки, вырезки полос или отсортировки листов.

Как правило, из-за технологических особенностей прокатки чаще всего наблюдается уменьшение толщины к кромкам полосы. Если такое уменьшение превышает обусловленные допуском пределы, то оно представляет собой дефект.

Соблюдение точности размеров по толщине и ширине имеет большое значение, так как иначе может быть затруднена последующая переработка продукции. Это обуславливает необходимость проведения тщательного текущего контроля размеров.

б) *Серповидность* — нижний край поставленного на ребро участка полосы не полностью совпадает с контрольной плоской поверхностью.

в) *Овальность* - нарушение кольцеобразной формы рулонов горяче- и холоднокатаных полос. Причины возникновения:

- некачественная транспортировка и хранение рулонов.
- слишком большая масса рулона.

Для предотвращения при хранении и транспортировке рулонов из тонкой холоднокатаной полосы образования овальности под действием их собственного веса, рулоны наматывают на гильзу.

К дефектам отделки относят косой рез, заусенцы и др.

Влияние фабрикации, порезки металла после прокатки на качество листов. Фабрикация включает в себя назначение слябов или слитков определенного веса для прокатки их на лист заказанного размера с учетом расходного коэффициента на угар, обрезь и допуски.

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР				



Кроме того, она должна обеспечивать оптимальные размеры сляба данного развеса для получения требуемого листа. Однако листы, прокатанные в соответствии с допусками, могут быть неправильно порезаны, что также приводит к браку. Наиболее часто появляются короткие и узкие листы из-за неудовлетворительной работы ножниц. При обрезке продольных кромок на дисковых ножницах большое значение имеет их правильная настройка.

Если же они настроены неправильно, т.е. без учета толщины, марки стали и температуры разрезаемого листа, то качество реза будет неудовлетворительным и не будет соответствовать требованиям стандартов. Поэтому такой лист необходимо перерезать на более узкий, что повлечет за собой потерю металла в виде дополнительной обрезки и выпуск незаказанной продукции. Для устранения заусенцев на кромках листов следует сменить затупившиеся ножи.

Чем толще разрезаемый лист и чем твёрже металл, тем более тщательно надо настраивать ножи ножниц.

При транспортировке по рольгангам до карманов сбрасывателя (листоукладчика) лист часто подвергается короблению и подгибу углов вследствие ударов о выступы. Чаще всего коробятся широкие тонкие листы из прочной стали. Коробление листов увеличивается в осенние и зимние месяцы, когда на стане возможны сквозняки. Коробление может произойти также от неправильного применения системы водяного охлаждения проката, когда на лист, находящийся на рольганге, подаётся охлаждающая вода на одни и те же участки. Покоробленные листы можно выправить на правильных машинных холодной правки

### 3.3 Волнистость

Волнистость - проходящая по кромкам листа (одно- или двусторонняя волнистость кромок), посередине листа (волнистость середины) или по всей его ширине (общая волнистость) волнообразная неплоскостность, расположенная поперек направления прокатки. Основными причинами волнистости являются неправильная настройка (перекос валков по вертикали), нарушение температурного режима валков (перегрев бочки валков) и неправильное ведение режима обжатий в последних проходах. Так же причиной возникновения могут стать:

- неравномерное распределение давлений при прокатке (например, смещенные подшипники)
- смещение заготовки по ходу прокатки, особенно в последних проходах.
- неправильная геометрия очага деформации (например, односторонняя настройка валков, недостаточная чистота поверхности валков).

Устраняется волнистость горячей или холодной правкой.

Для предотвращения волнистости необходимо предпоследний проход

производить с максимально возможными обжатиями, а последний - с минимальными. Кроме того, волнистые листы могут получиться из-за низкой

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

температуры прокатки, прокатки близко к одной из станин клетки и большой выработки валков.

Волнистые листы могут быть с волной по одной кромке, по двум кромкам и посередине.

Отклонение от плоскостности может также встречаться при термической обработке. В этом случае речь идет о короблении.[9]

Выводы по третьему разделу.

В разделе рассмотрены основные дефекты при производстве стали. Чтобы свести к минимуму количество брака и повысить качество продукции необходимо соблюдать технологические инструкции.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

#### 4 ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Анализ существующей технологии прокатки горячего листа на стане трио-Лаута «2850» показывает, что оборудование морально и физически устарело и не отвечает современным требованиям производительности. Улучшения качества получаемой продукции и расширения марочного сортамента можно достигнуть за счет более современного оборудования.

Стан 2850 имеет ряд существенных недостатков. Перечислим имеющиеся недостатки на стане трио-Лаута 2850, устранение которых поможет в улучшении производительности и качества выпускаемой продукции:

К нагревательным печам слитки и слябы подают краном, который должен непрерывно обслуживать только печи. Печи не имеют достаточных посадочных стеллажей и удлиненного рольганга в сторону склада заготовки и не соединены между собой посадочным рольгангом. Таким образом, посадочная площадка у торцевой части каждой печи по существу представляет собой рольганг длиной лишь немного больше ширины печи. Это вынуждает постоянно обслуживать печи краном. Кран не может произвести запас слябов у посадочного стола, так как отсутствуют для этого площадки. Рассоединение посадочного рольганга обеих печей не позволяет осуществлять передачу металла от одной печи к другой. Кран вынужден постоянно перемещаться над каждой печью, поскольку укладка слябов производится непрерывно. Такое положение противоречит и условиям безопасности труда: машинист крана работает в загазованной атмосфере и при высокой температуре, а обслуживающий персонал должен постоянно отходить от рабочего места как во время транспортировки краном металла, так и при последующем перемещении его к складу.

Не учтены габариты рабочих мест у торцевых частей печи, неудовлетворительно осуществлена вентиляция на этом участке. Все это снижает производительность труда.

Нагревательные печи имеют боковую выдачу нагретых слитков и слябов. Выдача производится специальными выталкивателями типа приводной тележки. Таким образом, процессы подачи и выдачи слитков и слябов из печи должны быть строго синхронизированы, в противном случае можно вывести из строя выталкиватель и даже разрушить стенку нагревательной печи.

Установленный на печах механизм для поворота слитков и способ транспортировки их по наклонному рольгангу в виде желоба не являются лучшим решением вопросов.

Рабочая клеть стана "2850". Подъемно-качающиеся столы (далее ПКС) имеют большую массу, что приводит к использованию мощного и сложного оборудования. Затруднена настройка ПКС. ПКС имеют явно недостаточную длину, вследствие чего получается очень большой угол наклона относительно линии прокатки, особенно при прокатке по нижнему горизонту. Значительный уклон ПКС при подаче раската в клеть по нижнему горизонту часто приводит в

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

первых проходах к произвольному скатыванию металла к валкам и захвату его до того, как раскат установлен в необходимое положение относительно валков.

Валки стана установлены на подшипниках скольжения. Материал подшипников - текстолит. Основным недостатком подшипников скольжения является их значительная упругая деформация и низкое допустимое удельное давление. Поэтому применение данного вида подшипников не может обеспечить необходимую точность прокатываемых профилей.

Стан «2850» не имеет систем автоматического регулирования толщины прокатываемых листов.

Также рабочая клеть имеет малую жёсткость, а это сказывается на точности прокатки и на геометрии листа.

Листоправильная машина. Используемая листоправильная машина имеет 7 горизонтально расположенных роликов, диаметр ролика 360 мм. Данная листоправильная машина имеет низкую жесткость, что в свою очередь снижает качество и точность правки.

Ножницы торцевой резки. Для порезки торцевых кромок листа применяются ножницы гильотинного типа. Данный тип ножниц является крайне неудачным, так как при порезке задней кромки, происходит изгиб заднего торца листа верхним ножом, по сечению лист получается "серповидным". Это приводит к затруднению при соединении торцов листов, а приводит к уменьшению стоимости продукции.

Участок по порезке сутунки находится во II пролете цеха, где сосредоточен основной комплекс оборудования и механизмов по разметке, порезке, клеймовке и складирования толстого листа. Также здесь находится участок по порезке толстого листа. Вследствие этого на участке листоотделки постоянно загромождены проходы прокатанными листами и пакетами сутунки, что снижает в свою очередь темп порезки сутунки и толстого листа, а также ухудшает условия труда и технику безопасности рабочего и ремонтного персонала.[9]

Так же возможно заменить вспомогательное, морально устаревшее, оборудование на современное:

1. Гильотинные ножницы заменить на ножницы торцевой резки с катящимся резом для поперечной резки листового проката конструкции ОАО "КО ВНИИМЕТМАШ" (рисунок 15).

Высокое качество резки без деформации кромок листа обеспечивается незначительным изменением малого угла резания и минимальным (постоянным) перекрытием ножей на всей длине реза.

Привод верхнего ножа осуществляется одним кривошипным валом на подшипниках качения. Привод кривошипного вала выполнен реверсивным. В процессе работы ножниц каждый рез происходит в направлении, противоположном предыдущему, это позволяет уменьшить величину холостого хода и тем самым, снизить устанавливаемую мощность привода на 15-29% и повысить экономию электроэнергии.

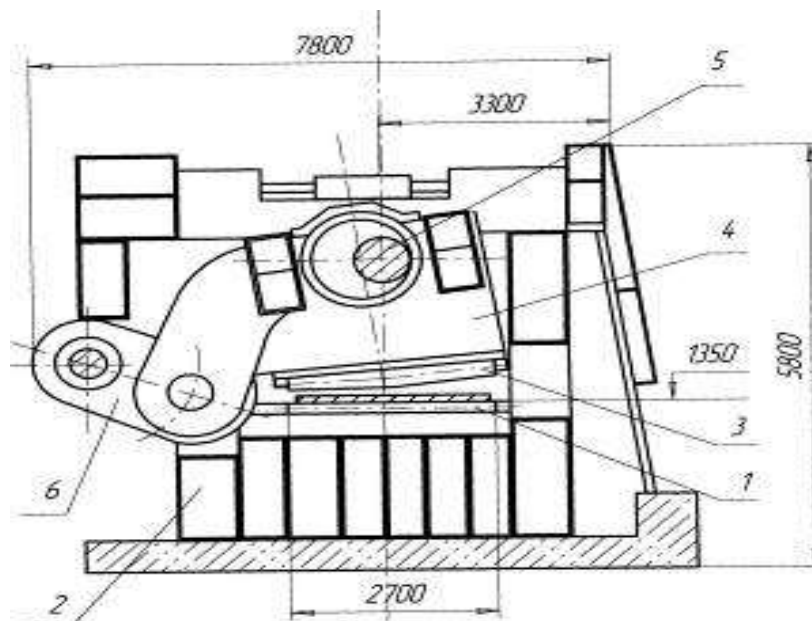


Рисунок 15 – Ножницы бесшатуновые однокривошипные с катящимся резом:  
1 - нижний нож; 2- станина; 3- верхний нож; 4- суппорт; 5- эксцентриковый вал; 6- коромысло

2. Заменить существующую листопрямильную машину на 7-роликовую листопрямильную машину конструкции УЗТМ (рисунок 16).

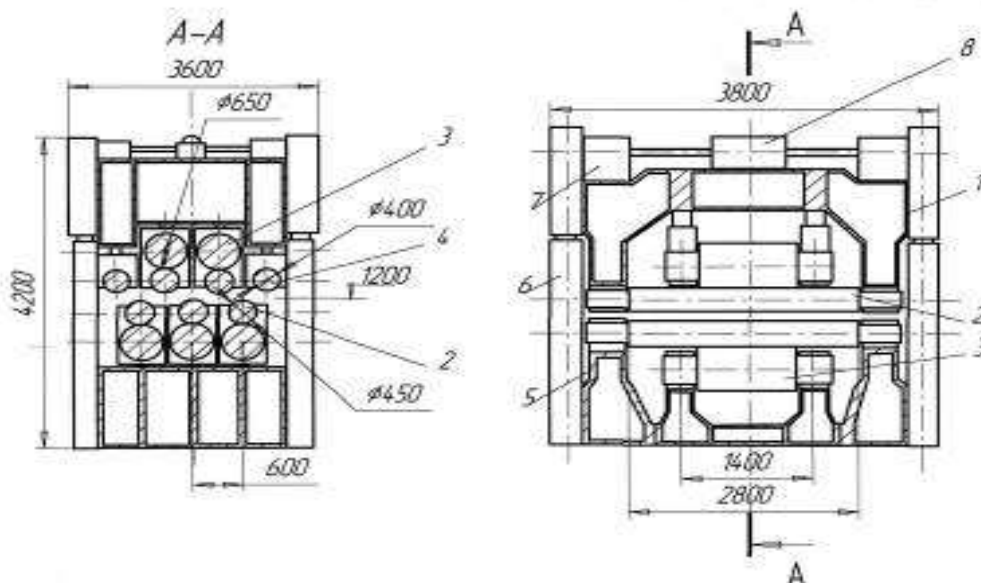


Рисунок 16 – Листопрямильная 7-роликовая машина 50x2600мм для горячей правки толстых листов:

1- верхняя траверса; 2- рабочий ролик; 3- опорный ролик; 5- нижняя траверса;  
4- крайний не приводной ролик; 6- жесткая колонна; 7- червячный редуктор; 8- электродвигатель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР

Лист

47

Машина предназначена для горячей правки толстых листов шириной до 2600 мм и толщиной до 50 мм.

В машине предусмотрено пять приводных рабочих роликов (2) диаметром 400 мм (два средние вверху и три внизу): верхние крайние ролики (4) диаметром 450 мм неприводные и предназначены для правильного направления металла и устранения общей кривизны выходного листа; эти ролики перемещаются независимо в вертикальном направлении при помощи нажимных винтов. Для уменьшения прогиба рабочих роликов к ним предварительно прижимают опорные ролики (3) диаметром 650 мм. Верхние ролики смонтированы в верхней подвижной траверсе 1; нижние - в нижней траверсе 5, опирающейся на фундамент. В нижней траверсе по углам смонтированы четыре жесткие колонны 6 диаметром 320мм.

Для установки необходимого раствора между рабочими роликами верхняя траверса с роликами перемещается параллельно по вертикали при помощи червячных передач 7, установленных на концах колонн и приводимых от электродвигателя 8 мощностью 220 кВт, скорость перемещения 20мм/сек.

Рабочие ролики приводятся в движение пятью универсальными шпинделями, соединенными с комбинированным редуктором-шестеренной клетью. Скорость правки составляет 0,4...0,8 м/с. [9]

Вывод по четвертому разделу.

Предложенная замена устаревшего оборудования на новое позволит повысить не только качество но и объёмы выпускаемой продукции.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## 5 ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ПОДОБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Сталь марки 60Г производят не только в России, но и за рубежом. Зарубежные аналоги приведены в таблице 13.[8]

Таблица 13 – Зарубежные аналоги стали 60Г

Германия	США	Япония	Китай	Польша	Чехия
1.0601	1060	S60C-CSP	60	60	12061

Из таблицы видно, сталь 60Г производят в Германии, США, Японии, Китае, Польше, Чехии.

Цены на сталь в последние месяцы растут высокими темпами, что негативно влияет на отрасли-потребители, в первую очередь на стройиндустрию. Так, стоимость листового проката в России за последние полгода поднялась более чем в два раза, а арматуры - в полтора раза.

Первый вице-премьер Андрей Белоусов заявил, что металлурги должны вернуть в бюджет 100 млрд. рублей сверхдоходов. За последний месяц было высказано большое количество предложений по механизмам регулирования рынка стали и изъятия сверхдоходов у ММК, Северстали и НЛМК: от запрета на экспорт определенных видов продукции до прямого повышения налоговой нагрузки.

Федеральная антимонопольная служба (ФАС) уже возбудила против трех компаний - "Северстали", ММК и НЛМК - дела о завышении цен на продукцию. Антимонопольные дела рассматриваются как раз сейчас - последние заседания комиссии состоялись 10 и 11 июня. Конкретных решений пока нет - ФАС привлекла к рассмотрению дел новых участников: "Газпром" и Союз "Объединение вагоностроителей", которые располагают сведениями о рассматриваемых обстоятельствах дел. Следующие заседания назначены на 30 июня и 1 июля. Если нарушения при ценообразовании обнаружат, компаниям грозят оборотные штрафы. При худшем для металлургов сценарии речь может идти о 15% выручки за полгода.

Все три компании категорически отрицают факт сговора. "Группа НЛМК всегда придерживается принципов рыночной конкуренции и требований законодательства, в том числе в ценообразовании. Сектор горячекатаного проката в России высоко конкурентный, открытый, в том числе, для импортных поставок, поэтому цены на продукцию формируются на основе рыночной конъюнктуры", - заявили "РГ" в НЛМК.

"ФАС хорошо известно, что рынок стали глобален и российские цены на стальную продукцию формируются, исходя из мировых тенденций. Тенденция дефицита стальной продукции в мире временная, мы ожидаем, что в перспективе нескольких месяцев рынок стабилизируется", - сообщили в "Северстали". В компании считают, что вмешательство в рыночные механизмы на локальных рынках может привести к негативным последствиям для экономики.

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР					

Обе компании, а также ММК, готовы к сотрудничеству с ФАС в рамках расследования.

Впрочем, ссылки металлургов на мировые тренды не удовлетворили ФАС. Закон о защите конкуренции не предусматривает рост цен на мировых рынках в качестве безусловного обоснования повышения цен на товар внутри страны.

Что касается изъятия у металлургов сверхдоходов, пока этот вопрос находится в стадии громких заявлений. 1 июня с руководителями металлургических компаний встречался министр промышленности и торговли Денис Мантуров. Тогда стороны обсудили ситуацию на рынке, но вопрос налоговых изъятий не поднимался.

Главный вопрос - обеспечение исполнителей гособоронзаказа (ГОЗ) металлопродукцией по зафиксированной в контрактах цене. "Металлурги выразили готовность не повышать контрактную цену и поставить необходимый объем металла по закреплённой в долгосрочных контрактах цене. Минпромторг России в свою очередь создаст реестр исполнителей ГОЗ и предоставит металлургам референцию по объемам их заказов за предыдущий период", - пояснили в Минпромторге по итогам встречи.

Кроме того, стороны обсудили вопрос заключения прямых долгосрочных контрактов с формульным образованием по госстройкам с возможностью увеличения "глубины" контрактов на период до нескольких лет. Металлурги также выразили готовность предоставлять в рамках подобных соглашений дополнительные скидки. Кроме того, в рамках совещания предварительно обсуждалась возможность введения практики закупок металлопродукции в Росрезерв.

При этом эксперты считают, что сдержать рост цен на металлопродукцию административными мерами не получится. Вины производителей в резком скачке цен аналитики не видят. "Цены на сталь формируются исходя из глобальных бенчмарков, а также сильно различаются в зависимости от типа продукции. Поэтому любое нерыночное регулирование цен на внутреннем рынке вряд ли будет эффективно", - уверен старший аналитик по металлургическому сектору компании АТОН Андрей Лобазов.

На внутреннем рынке уже реализуется ряд мер, например, механизм долгосрочных контрактов металлургов со строительными компаниями (с различными вариантами фиксации цен, поставок на бюджетные объекты по ценам ниже рыночных). "При этом вмешиваться в рыночные механизмы - зачастую неэффективно", - считает старший вице-президент Райффайзенбанка Ирина Ализаровская.

Среди причин, которые спровоцировали рост цен, все аналитики называют "стальной бум" в Китае. Как отмечает Александра Шнипова, заместитель руководителя практики управленческого консалтинга группы "Деловой профиль", Китай прошел коронакризис с минимальными потерями, нарастил производство стали до чуть более 1 млрд тонн или на 5,2%, а по итогам I квартала 2021 года увеличил свою долю на мировом рынке до 57,6%. "Экономика Китая бурно растет, также растет спрос на стальную продукцию, при этом новая утвержденная

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50



"пятилетка" подразумевает сокращение производства металла в угоду улучшению экологической ситуации в стране", - отметил Андрей Лобазов.

По мнению аналитика ГК "ФИНАМ" Алексея Калачева, пока обещанное китайское сокращение остается только на бумаге. Так, в апреле в КНР было выплавлено 97,9 млн т стали, что стало новым абсолютным рекордом в истории отрасли.

Тем временем выплавка стали в Европе в 2020 году снизилась на 11,8%, в США - на 17,2%. Потребности покрываются за счет импорта, что толкает вверх мировые цены. Наконец, на динамику рынка влияют восстановление автопрома, стройиндустрии, тяжелого машиностроения, которые являются основными потребителями стали и накопили отложенный спрос за время пандемии. Также спрос стимулируют программы модернизации инфраструктуры, действующие в Китае, России, США, готовятся они и в ЕС.

До конца года ценовое ралли продолжится, хотя может измениться его первопричина. Как отмечает Шнипова, если в начале года рост цен на сталь поддерживался дефицитом ее предложения, то уже во второй половине года основной причиной высоких цен станет дефицит железной руды. Виноват здесь опять-таки Китай, наращивающий собственное производство и, соответственно, спрос на руду.

В конце года возможна некоторая коррекция вниз в связи с наращиванием предложения (запуском производств, которые были остановлены в пандемию) и снижением цен на железорудное сырье (с восстановлением объемов из Бразилии), отмечает Ализаровская. Однако цены по-прежнему будут высоки: спрос на сталь будет стимулировать низкие ипотечные ставки, ведущие к росту строительного рынка, и курс на "зеленую" экономику, для которой дополнительно потребуется сталь.

Важным фактором стабилизации цен может стать увеличение мирового производства стали. В марте 2021 года мировое производство стали достигло рекордной в истории отметки - 169,2 млн тонн. "После падения рынка по итогам прошлого года на 0,9%, до 1829,4 млн тонн, мировое производство стали демонстрирует признаки роста. Прирост в 10% по итогам I квартала 2021 года выглядит очень оптимистично, однако столь высокие темпы роста в большей степени обусловлены эффектом низкой базы", - полагает Анна Шнипова.

Согласно прогнозу Worldsteel, в 2021 году мировой спрос на сталь вырастет на 5,8% и достигнет 1874 млн тонн, а в 2022 году - еще на 2,7%, до 1924,6 млн тонн.

"Несмотря на COVID-19, в 2020 году производство стали в России выросло на 2,5% год-к-году, до 73,4 млн тонн. В 2021 году ряд крупных компаний на фоне рекордных цен на сталь заявили о продолжении реализации программ по увеличению объемов производства. Благодаря этому в 2021 году в России ожидается продолжение роста производства стали на 2-3%, до 75-76 млн тонн", - отмечает Виталий Михальчук, руководитель исследовательских проектов Исследовательского центра компании "Делойт" в СНГ.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

В 2021 году производство стали в России может еще увеличиться в связи с окончанием ремонтов на крупных металлургических комбинатах. "Но незначительно, тем более что в 2020 году производство не сокращалось, а даже выросло относительно 2019 года. Наращивание производства ограничено имеющимися мощностями. Для строительства новых требуется время, а также уверенность, что эти дополнительные объемы будут востребованы в долгосрочной перспективе", - полагает Ализаровская.

Существенно сдерживать рост цен на сталелитейную продукцию способно введение льгот по НДС для разработки новых месторождений железной руды, а также для месторождений со сложноизвлекаемыми запасами, полагает Шнипова. С 1 января 2021 году при расчете применяется "рентный коэффициент" 3,5 к ставке НДС на добычу железной руды, которая сейчас составляет 4,8%, что увеличивает налоговую нагрузку на отрасль и вынуждает сталелитейные заводы повышать цены на внутреннем рынке.[4]

Вывод по пятому разделу.

Производство стали растет не смотря на огромный скачок цен на листовой прокат за последние полгода.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Толстолистовой стан входит в состав листопрокатного цеха № 1 Ашинского металлургического завода обработки черных металлов. Это цех специализируется на выпуске толстого листа.

Данный цех относится к горячему переделу металла. Подкатом служит слиток или сляб. Непосредственно на стан он подается в нагретом горячем состоянии.

В состав стана входит:

Поворотный механизм;

Подъемно – качающие столы;

Клетки стана;

Линейки – манипуляторы;

Рольганг.

Обслуживанием данных механизмов занимаются вальцовщики 4-го, 5-го разрядов и сменные слесаря проката. Все механизмы расположены последователь. Рабочее место вальцовщика представляет собой площадку рядом с клетью и подъемно – качающими столами стана.

Для хранения заготовки и готовой продукции имеются склады, где заготовка хранится в стопах, а готовый прокат в штабелях на подставках по маркам стали и профилеразмерам. В помещении склада безопасные проходы показаны белыми линиями. Проходы меж линиями складирования не менее 1 метра ширина подставки обеспечивает безопасную строповку листа. Транспортирование заготовки и готовой продукции осуществляется грузоподъемными кранами.

Для хранения и транспортирования отходов производства на участках цеха предусмотрены специальные тары и площади, надписи на таре регламентируют вид и вес отходов, для которого она предназначена. В конечном итоге все отходы транспортируются из цеха железнодорожными платформами и полувагонами.

Обязательно наличие у работающих специального обучения по технике безопасности (обучение и аттестация проводится в учебном центре ПАО «АМЗ»)

Также работающий должен обязательно сдать экзамен на профессиональное соответствие.

### 6.1 Анализ опасных производственных факторов

Опасный производственный фактор – это фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. То есть, он может быть причиной острого заболевания, внезапного резкого ухудшения здоровья или смерти.

В прокатных цехах имеют место следующие опасные факторы:

- образование взрывоопасных газо-воздушных смесей при нагреве металла в газовых нагревательных печах;

- возможность выплесков жидкого металла при транспортировке слитков с незастывшей сердцевиной;

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

- подвижные машины и механизмы; подвижные части оборудования; движущиеся изделия, заготовки, материалы (валки, шпиндели, муфты станов, выбросы петли прокатываемого материала, осколки прокатываемого металла, отлетающие окалина и шлаки);

- повышенная температура поверхностей;

- острые кромки, заусеницы и шершавость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;

- повышенное значение напряжения в электрической сети;

- высокая вероятность возгорания.

В прокатных цехах установлено различное основное и вспомогательное механическое оборудование, движущиеся части и узлы которого представляют определенную опасность, так как не предусмотренный контакт с ними может вызвать травмы. Это прокатные валки, тянущие, падающие и направляющие ролики, зубчатые и цепные передачи, ножницы и пилы, рольганги, транспортеры и конвейеры и т.д. Части и узлы прокатных машин (валки, маховики, соединительные шпиндели, зубчатые колеса, барабаны летучих ножниц, различные муфты, втулки, кулачки, эксцентрики) совершают вращательные движения. Другие части и узлы (рычаги, элементы транспортеров, толкателей, манипуляторов и кантователей) выполняют возвратно-поступательное движение. Опасность воздействия определяется, прежде всего, конструктивными проблемами. Так, опасность возрастает, если вращающиеся части оборудования содержат выступающие крепежные детали (болты, гайки, шпильки, винты), а на их поверхности имеются следы неравномерного износа или дефекты (трещины, заусеницы и пр.).

При вращении навстречу друг другу прокатных и других валков возникают условия для захвата конечностей человека, его одежда. Движущиеся заготовки, трубы создают возможность травмирования персонала во время не предусмотренного контакта их с человеком. Учитывая, что скорость обработки металла на механическом оборудовании прокатных цехов возросла, возможны выбросы металла из валков, направляющих линеек, аппаратов и т.д.

При отклонении процесса прокатки от заданных параметров, например неправильной калибровке или расточке валков, различной частоты вращения валков, возникает неравномерность деформации с различными ее проявлениями: искривлением раската в горизонтальной и вертикальной плоскостях, разрушением металла и т. д. Искривление концов раската может привести к возникновению ударов, поломке оборудования и травмированию персонала.

Источники тепловых выделений в прокатных цехах - обрабатываемый металл, нагревательное устройство, прокатные станы, вспомогательное оборудование, печи для термической обработки металла, агрегаты нанесения покрытий, отделочные агрегаты. Большое количество теплоты выделяется при складировании исходных материалов, полупродукта, готовых изделий, охлаждении на холодильниках и т.д., при транспортировании металла на склады готовой продукции.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

В прокатных цехах большая часть электрооборудования работает при напряжении до 1000В. Различные контрольно-измерительные приборы, устройства автоматики, искусственное освещение производственных помещений питается от электрической сети. Применяют и высокое напряжение (6000В). Неисправность электрического оборудования прокатных цехов, нарушение правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей могут обуславливать поражение персонала электрическим током, возникновение электротравм.

В прокатном производстве используют горючие и взрывоопасные вещества: для отопления нагревательных устройств горючие газы (природный, коксовый и доменный), мазут; для смазки оборудования - различные смазочные материалы; при холодной прокатки листовых материалов - технологические смазки; при термической обработке - защитные газы и т.д. Кроме того, при проведении ремонтов технологического оборудования, ревизии подшипников жидкостного трения для промывки деталей применяют легковоспламеняющиеся жидкости, удаляющие остатки смазки с оборудования.[7]

## 6.2 Анализ вредных производственных факторов

Вредный производственный фактор – это фактор трудового процесса или среды, воздействие которого при определенных условиях на работника может вызвать профессиональное заболевание, снижение работоспособности.

Все вредные производственные факторы можно классифицировать на:

- физические вредные производственные факторы;
- химические вредные производственные факторы;
- биологические вредные производственные факторы;
- психофизиологические вредные производственные факторы, к которым можно отнести тяжелые и напряженные условия труда.

К физическим вредным производственным факторам в прокатном производстве относят:

- повышенную запыленность воздуха;
- повышенные температуру и влажность воздуха рабочей зоны;
- сниженную подвижность воздуха;
- повышенный уровень инфракрасной радиации;
- повышенный уровень шума, инфразвуковых колебаний, ультразвука и вибрации;
- повышенный уровень электрических, магнитных и электромагнитных излучений;
- недостаточную освещенность рабочей зоны, повышенную яркость света и сниженную контрастность.

Химические производственные факторы.

Выделение вредных веществ в воздух (токсичной пыли, газов) происходит при

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

проведении технологических процессов проката металла и проведении работ, связанных с применением химических веществ и материалов (смазка, техническое масло и др.). В листопрокатных цехах перед холодной прокаткой листов, перед нанесением защитных покрытий металл очищают от слоя окалины путем травления в ваннах разбавленной серной, соляной или азотной кислотой. При прокате металла наиболее возможное проникновение в организм веществ в виде пара и пыли через органы дыхания (около 95 % всех отравлений).

Биологические производственные факторы при прокатке не являются значительными.

Наиболее характерными психофизиологическими факторами для прокатного производства является высокая скорость технологических процессов и интенсивность грузопотоков, которая обуславливает в свою очередь высокую интенсивность работы персонала. Это приводит к большому умственному утомлению, которое связано с ошибками в управлении механизмами, и возникновение опасных ситуаций, т.е. преобладают нервнопсихические перегрузки.

Рассмотрим наиболее опасные производственные факторы прокатного производства:

**Пыль** является наиболее распространенным неблагоприятным фактором производственной среды. В металлургическом производстве преобладает пыль, которая содержит оксиды железа, кремния, марганца, фтористые соединения и др. Например, пыль возле машины огневой зачистки при зачистке сталей рядовых марок содержит 73,96 % Fe, 0,1 % C, 0,51 % Mn, 0,39 % S, 25,04 % O<sub>2</sub>.

При работе станов в результате раздавливания поверхностного пласта окалины на металле образуется металлическая пыль. Наиболее интенсивное выделение пыли происходит на блюмингах и слябингах – до 515– 4400 мг/м<sup>3</sup>. В воздухе у станов горячей прокатки металла содержание пыли окислов железа достигает 2400–4400 мг/м<sup>3</sup>. При эксплуатации машины огневой зачистки поверхности металла общее количество пыли в продуктах сгорания достигает 12 г/м<sup>3</sup>. Содержание пыли в воздухе у клетей листовых станов представляет от 200 до 2400 мг/м<sup>3</sup>.

**Микроклимат** в прокатных цехах определяется наличием чрезмерного конвекционного и лучистого тепла, в связи с чем, они относятся к группе горячих цехов. Источниками тепла являются прокатываемый металл, нагретые оборудование, механизмы и коммуникации, открытые отверстия или крышки нагревательных устройств, горючие газы.

Нагретый прокатываемый металл является основным источником тепла. Лучистая энергия на расстоянии 1 м от проката составляет до 4-5 калл /см<sup>2</sup> в минуту. Двигаясь по цеху, прокат на своем пути нагревает все металлическое оборудование, при этом нагретые предметы сами становятся источником тепла и быстро нагревают воздуха.

На рабочих местах нагревательщиков металла температура воздуха в летний период достигает 40–45°C, а на рабочих местах вальцовщиков литейных станов – 35–40°C. Высокая температура воздуха наблюдается также на постах управления

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

операторов, в кабинах крановщиков, которые работают в главном пролете стана.

Метеорологические условия в прокатных цехах характеризуются также наличием участков с высокой и низкой влажностью воздуха, что отрицательно влияет на самочувствие и здоровье человека.

**Шум.** В прокатных цехах к шумоопасному оборудованию относятся рабочие клетки, машины огневой зачистки металла, ножницы для резания металла маятниковой дисковые пилы, правильные машины; моталки, шлепперы, рольганги, листоукладчики, непрерывно-гравильные агрегаты и др.

Основным источником шума является прокатный стан, в котором находится огромное количество металлических механизмов. Основной шум прокатного цеха лежит в области частот до 1000 Гц и имеет значение звукового давления в пределах 75–95 дБ и может достигать 110 дБ.

При производстве проката металла используются передовые методы очистки поверхности металлических изделий (листовой прокат, сортовой прокат) с применением ультразвука. Ультразвук обладает главным образом локальным действием на организм, поскольку передается при непосредственном контакте с ультразвуковым инструментом, обрабатываемыми деталями или средами, в которых возбуждаются ультразвуковые колебания. Ультразвук, генерируемый низкочастотным промышленным оборудованием, оказывают неблагоприятное влияние на организм человека

Длительное систематическое воздействие ультразвука, распространяющегося воздушным путем, вызывает изменения нервной, сердечнососудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов. Наиболее характерным является наличие вегетососудистой дистонии и астенического синдрома. Степень выраженности изменений зависит от интенсивности и длительности воздействия ультразвука и усиливается при наличии в спектре высокочастотного шума, при этом присоединяется выраженное снижение слуха. В случае продолжения контакта с ультразвуком указанные расстройства приобретают более стойкий характер.

При действии локального ультразвука возникают явления вегетативного полиневрита рук (реже ног) разной степени выраженности, вплоть до развития пареза кистей и предплечий, вегетативно-сосудистой дисфункции. Это наблюдается у шлифовщиков поверхностных пороков металла.

Характер изменений, возникающих в организме под воздействием ультразвука, зависит от дозы воздействия.

Развитие техники и транспортных средств, совершенствование технологических процессов и оборудования сопровождаются увеличением мощности и габаритов машин, что обуславливает тенденцию повышения низкочастотных составляющих в спектрах и появление инфразвука.

Инфразвук возникает за счет тех же процессов что и шум слышимых частот. Прокатные станы (конструкции с плоскими поверхностями большой площади и малой жесткости) создают условия для генерации инфразвука. Инфразвук при прокате металла имеет постоянный характер.

Максимальные уровни низкочастотных акустических колебаний от промышленных источников в прокатном цехе достигают 100–110 дБ.

Исследования биологического действия инфразвука на организм показали, что при уровне от 110 до 150 дБ и более он может вызывать у людей неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения, к числу которых следует отнести изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе. Имеются данные о том, что инфразвук вызывает снижение слуха преимущественно на низких и средних частотах. Выраженность этих изменений зависит от уровня интенсивности инфразвука и длительности действия фактора.

**Вибрация.** В условиях прокатного производства наблюдается местная (локальная) и общая вибрации. Прокатные станы (система механизмов) при своей работе создают общую вибрацию, которая заключается в отклонении рабочих мест от положения равновесия на малую величину. При производстве отдельных видов работ по обработке проката работники испытывают локальную вибрацию, передающуюся на руки работающего. В прокатном цехе вибрация обладает неоднородностью по спектру частот и непостоянством во времени.

Локальная вибрация зависит от контакта оператора с колеблющимся телом. Производственными источниками локальной вибрации являются ручные механизированные машины ударного, ударно-вращательного и вращательного действия с пневматическим или электрическим приводом. Инструменты ударного действия основаны на принципе вибрации. К ним относятся клепальные, рубильные, отбойные молотки, пневмотрамбовки. К ручным механизированным машинам вращательного действия относятся шлифовальные, сверлильные машины, электромоторные пилы.

Длительное воздействие вибрации высоких уровней на организм человека приводит к развитию преждевременного утомления, снижению производительности труда, росту заболеваемости и нередко к возникновению профессиональной патологии – вибрационной болезни.[7]

### 6.3 Водоснабжение производственного цеха. Охрана водных объектов

Контроль над формированием отходов и деятельностью по обращению с ними осуществляется производственным цехом и специалистами службы экологической лаборатории.

Охрана поверхностных и подземных вод от загрязнения. Основным мероприятием, направленным на охрану поверхностных и подземных вод от загрязнения, является организация бессточной оборотной системы водоснабжения и водоотведения (условно-чистый оборотный цикл).

Для нужд листопрокатного цеха ориентировочно предусматриваются следующие объемы водопотребления:

1. хозяйственно-питьевое водоснабжение – 60 м<sup>3</sup>/сут,
2. противопожарные нужды – 40 л/с,

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58



3. свежая техническая вода для подпитки оборотных циклов – 114 – 159 м<sup>3</sup>/ч (в зависимости от варианта);

4. умягченная вода для подпитки – 2 м<sup>3</sup>/ч.

Источниками загрязнения подземных и поверхностных вод могут являться:

1. бытовые сточные воды – в количестве 60 м<sup>3</sup>/сут;

2. дождевые сточные воды – в количестве 200 л/с.

Для очистки бытовых и дождевых сточных вод предполагается использовать существующие на предприятии системы очистки воды, при необходимости с их реконструкцией.

Обеспечение подачи воды на хозяйственно-питьевое водоснабжение и противопожарные нужды намечается осуществлять от соответствующих существующих сетей предприятия, а сброс бытовых и дождевых стоков – в соответствующие существующие канализационные сети.[7]

Вывод по шестому разделу.

Знание и соблюдение правил охраны труда и техники безопасности обязательно для всех рабочих на металлургическом предприятии.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе приведён процесс прокатки и рассмотрены особенности стали 60Г. Проведён анализ технологии прокатки стали. Разработана технология прокатки данной марки стали.

На современном этапе развития экономики нашей страны снижение энерго- и материалоёмкости является одним из решающих условий повышения эффективности общественного производства. В этом отношении в прокатном производстве имеются резервы экономии сырья, топливозаэнергетических и трудовых ресурсов.

В современной технологии листового проката важное значение уделяется увеличению скорости проката, и производительности стана в целом.

Особенности и направления развития современных прокатных станов:

1. В современных технологических процессах заготовку стараются применять максимально подходящую по геометрии к готовой продукции;

2. На современных станах применяют клетки в которых замена валков, как правило, не занимает больше двадцати минут;

3. Современные прокатные станы оборудованы полностью автоматизированными системами управления, которые осуществляют контроль за всеми основными параметрами, основываясь на заданных моделях технологического процесса;

4. В современном технологическом процессе при получении проката стараются использовать такие температурные режимы, которые позволяют не применять дополнительную термическую обработку для готовых изделий;

5. Применяются новые современные системы, позволяющие получать более точную геометрию и размеры у готовой продукции;

6. Значительное внимание уделяется созданию энергосберегающих технологий проката.

Листовой прокат в больших объемах потребляется всеми отраслями промышленности. Причем к его различным видам предъявляются разнообразные сложные требования. Поэтому вопросы его производства и соответствующей технологии имеют громадное значение для народного хозяйства страны.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Производство толстолистого проката на стане «2850»: Технологическая инструкция ТИ 123-1П, ГЛ 1-2000 (Ю.И. Ловягин, З.Х Шакиров). – Аша, Ашинская типография Челябиноблуприздата, 2000. -120с.
- 2 Коновалов, Ю.В. Расчет параметров листовой прокатки / Остапенко А.Л. Пономарев В.И.: Справочник. – М.: Металлургия, 1986. – 430 с.
- 3 Очагова, И.Г. Новости чёрной металлургии за рубежом /И.Г. Очагова, С.З.Афонин – выпуск №6 (48) 2005. - 116 с.
- 4 Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. – М.: Металлургия, 1999. - 464 с.
- 5 Производство толстолистовой стали / Н.В. Литовченко, С.П.Антонов, М.И. Бояршинов и др. - М.: Металлургия, 1998.
- 6 Полухин П.И., Федосов Н.М., Королёв А.А., Матвеев Ю.М. Прокатное производство. - М.: Металлургия, 1992. - 696 с.
- 7 Зиньковский, М.М. Безопасность производственных процессов в черной металлургии – М.: Металлургия, 2002. – 480 с.
- 8 Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / А.В. Волоснякова, С.А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1999. – 640с.
- 9 Бурцев К.И. Прокатное производство. – М.: Металлургия, 2003. - 384 с.
- 10 Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». М. Машиностроение. 1985.
- 11 Девисиллов В.А. Охрана труда М. Форум-Инфра-М. 2003.
- 12 Материаловедение. Ч.1 : Учебное пособие для вузов по направлению «Металлургия» / М.А. Смирнов, К.Ю. Окишев, Х.М. Ибрагимов, Ю.Д. Когягин. – Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2005.
- 13 Вегман, Е. Ф. Металлургия чугуна Учебник для вузов по спец."Металлургия чер. металлов". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1989. - 512 с. ил.
- 14 Воскобойников, В. Г. Общая металлургия Под ред. В. Г. Воскобойникова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1985. - 480 с
- 15 Григорян, В. А. Теоретические основы электросталеплавильных процессов В. А. Григорян, Л. Н. Белянчиков, А. Я. Стомахин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1987. - 271 с. ил.
- 16 Коваль, Г. И. Современное оборудование прокатных цехов [Текст] Ч. 1 : Главные линии рабочих клетей прокатных станов : учеб. пособие для самостоят. работы студентов / Г. И. Коваль ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Обработка металлов давлением ; ЮУрГУ. Челябинск : Издательство ЮУрГУ , 2008.-44 с.
- 17 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.
- 18 Колесников, А. Г. Технологическое оборудование прокатного производства : учебное пособие / А. Г. Колесников. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. — 158 с.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

- 19 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.
- 20 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.
- 21 Зубченко А.С. Марочник сталей и сплавов. 2-е издание. М. Машиностроение. 2003.
- 22 Звягинцева А. В. Свойства металлов : учебное пособие / А. В. Звягинцева, О. Н. Болдырева ; ГОУВПО "Воронежский гос. технический ун-т". - Воронеж : Воронежский гос. технический ун-т, 2006. - 246 с.
- 23 Безопасность жизнедеятельности (организация охраны труда на предприятии): учеб. пособие / Сост. Н.Г. Яговкин, Л.В. Сорокина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011 – 91 с.: ил.

					22.03.02.2021.167.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62