

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Факультет Материаловедения и металлургических технологий  
Кафедра процессов и машин обработки металлов давлением

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_Л.В.Радионова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Тема работы: «Разработка мероприятий по повышению точности  
прокатки на широкополосном стане горячей прокатки 1700  
ПАО «ЧМК»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

**ЮУрГУ-22.03.02-2019-089-00.00.00 ПЗ**

*Руководитель работы:*

\_\_\_\_\_ /В.Г.Ильичев  
*Автор работы*

\_\_\_\_\_ /А.С.Бахти/

*студент группы П-438*

## АННОТАЦИЯ

Бахтин Александр Сергеевич

Выпускная квалификационная работа  
«Разработка мероприятий по  
повышению точности прокатки на  
широкополосном стане горячей  
прокатки 1700 ПАО «ЧМК»:  
ЮУрГУ, П-438, 44 стр.

Библиографический список – 6  
наименований.

Таблиц – 3, рисунков – 2.

На основе анализа технологического процесса на стане 2300/1700 и анализе дефектов при прокатке на ШПСГП 1700 было разработано техническое предложение по повышению точности прокатки.

Выполнен анализ дефектов при прокатке, а также были выполнены расчеты энергосиловых параметров прокатки и гидроцилиндра.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОКАТНОГО ЦЕХА №4 .....	6
1.1 Состав прокатного цеха №4.....	6
2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА СТАНЕ 2300/1700.....	8
2.1 Подготовка металла к прокатке .....	8
2.1.1 Склад слябов.....	8
2.1.2 Нагрев слябов .....	8
2.2 Оборудование и технология прокатки.....	10
2.2.1 Производство листов .....	15
2.2.2 Производство полосы в рулонах .....	16
2.3 Оборудование и технология отделки готового проката .....	20
3 АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОКАТКЕ НА ШПСГП 1700.....	25
3.1 Определение дефектов .....	25
3.2 Виды дефектов .....	26
3.3 Причины дефектов и способы их устранения.....	26
4 РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТОЧНОСТИ ПРОКАТКИ .....	29
4.1 Техническое предложение по повышению точности прокатки....	29
4.2 Точность полосы .....	29
4.3 Гидравлическое нажимное устройство.....	32
5 РАСЧЕТ ЭНЕГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	34
5.1 Исходные данные.....	34
5.2 Формулы для расчета усилия прокатки.....	34

5.3 Расчет усилия прокатки.....	36
5.4 Формулы для расчета гидроцилиндра на прочность .....	36
5.5. Расчета гидроцилиндра на прочность.....	37
6. ЭКОЛОГИЯ И БЖД .....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	42
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	43

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие производства горячекатаного листа в России сопровождается, кроме увеличения массы рулона и ширины прокатываемых полос, дальнейшим ужесточением требований к качеству листа. Требования к точности горячекатаных листов массового и ответственного назначения значительно возрастают. Требования к точности горячекатаного широкого листа массового назначения приближаются к требованиям горячекатаных листов из качественных и прецизионных сталей и сплавов.

Автопром, строительная индустрия и другие отрасли поставили перед металлургами задачу организации производства в «большой» металлургии горячекатаных тонких полос и лент большой ширины с прецизионными размерами, бездефектной поверхностью и специальными свойствами. Проблема получения новых листовых сталей и сплавов с необходимым комплексом физико-механических свойств и параметров точности связана с технологическими процессами пластической деформации, активно воздействующих на структуру, свойства и геометрию обрабатываемого материала.

Прокатка высокоточных полос и лент при большой их ширине имеет ряд особенностей и связана со значительными трудностями. Основная масса дефектов ленты (поверхностные и геометрические) проявляется при холодной прокатке.

Качество холоднокатаного листа во много зависит от подката, поэтому растет уровень требований к характеристикам точности горячекатаного листа.

# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОКАТНОГО ЦЕХА №4

## 1.1 Состав прокатного цеха №4

Прокатный цех №4 состоит из следующих участков:

- участок отделки слябов;
- пакетная мастерская;
- нагревательные печи;
- стан 2300/1700;
- участок листоотделки;
- участок разделки рулонов;
- вальцетокарная мастерская.

Прокатное оборудование цеха №4, представлено комплексом стана 2300/1700, построенного в 1963 г. и размещенного в четырех пролетах (рис. 1.1), комплекс состоит из реверсивной клетки 2300 и непрерывной группы 1700, предназначен для прокатки листов толщиной 6-20 мм, шириной 600-2000 мм на клетки 2300 и толщиной 2-6 мм, шириной до 1550 мм из углеродистых низколегированных, легированных и коррозионностойких сталей, а также двухслойных листов и подката коррозионностойких аустенитных и ферритных сталей для холодной прокатки в непрерывной группе клетей стана 1700.

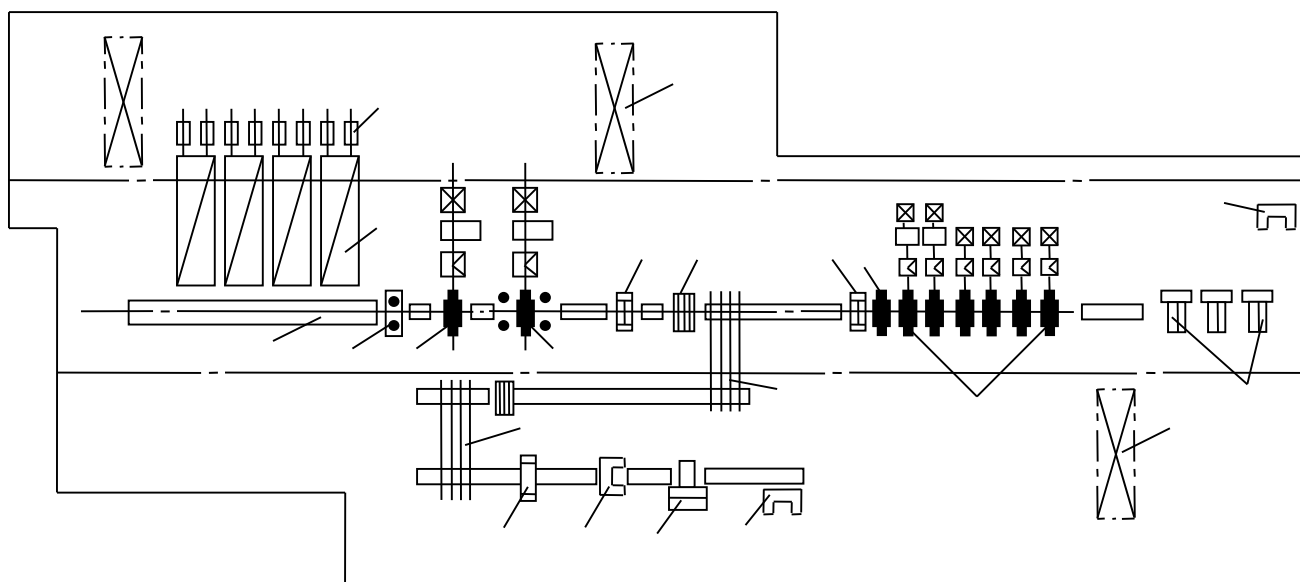


Рисунок 1.1 — Схема расположения основного технологического оборудования стана 2300/1700 Челябинского металлургического комбината:

1 - толкатели, 2 - нагревательные печи, 3 - рольганг, 4 - черновой вертикальный окалиноломатель, 5 - уширительная клеть 2300, 6 - универсальная клеть 2300, 7 - ножницы, 8 - роликотправильная машина, 9 - шлепперы, 10 - дисковые ножницы, 11 - ножницы гильотинные, 12 - маркировочная машина, 13 - чистовой окалиноломатель, 14 - рабочие клетки чистовой группы, 15 - моталки, 16 – краны

Исходной заготовкой служат слябы размером (90-190) x (600-1090) мм. Размеры слябов коррозионностойких сталей (115-180) x (600-1050) мм, а заготовок для прокатки двухслойной стали - (160-240) x (640-1170)мм. Длина заготовок 1600-2000 мм для стана 2300, 2000-4000 мм для стана 1700.

## 2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА СТАНЕ

2300/1700

### 2.1 Подготовка металла к прокатке [1]

#### 2.1.1 Склад слябов

Слябы поступают в цех на железнодорожных платформах и складываются по маркам стали и размерам. Площадь склада не зачищенных слябов 2300 м<sup>2</sup>, зачищенных - 3000 м<sup>2</sup>. Слябы углеродистых и низколегированных сталей зачищают газокислородными резаками на стеллажах зачистки. Легированные и коррозионностойкие стали зачищают на механизированных наждачных станках типа А-1459. Склад обслуживают мостовые краны.

Подготовленные слябы кранами подают на подъемно-опускающиеся столы нагревательных печей. Грузоподъемность стола 980 кН, рабочий ход 1,0 м, максимальный ход 1,06 м, ширина стола 1,3 м, скорость подъема 40 мм/с.

Со столов слябы четырьмя сталкивателями усилием по 29 кН сталкиваются при максимальном ходе 2,55 м и рабочем 2,1 м по одному на загрузочный рольганг со скоростью 0,6 м/с.

#### 2.1.2 Нагрев слябов

Нагрев всех слябов и подогрев стали ведут в четырех четырехзонных методических печах с нижним подогревом, торцевой загрузкой и выдачей. Температура нагрева металла 1200 °С. Максимальный темп выдачи 90 шт/ч. Печи отапливаются коксодоменной газовой смесью с теплотой сгорания 330-480 кДж/м<sup>3</sup>.

Через нагревательную печь слябы продвигаются со скоростью 0,2 м/с двоярным толкателем с усилием 870 кН на две штанги при рабочем ходе 2,0



м, максимальном 3,5 м. В каждой зоне - по пять (всего 20) инжекционных горелок. Давление газа у горелок 200 кПа. Воздух подогревается в керамических рекуператорах до 450-500 °С. Газ подогревается в трубчатых рекуператорах до 200-250 °С. Посад в печи холодный. Режим нагрева слябов в методической печи приведен в табл. П.1.

Для высокотемпературного нагрева трансформаторной стали имеются четыре двухзонные толкательные печи с машиной безударной выдачи. Режим работы периодический. Размеры печи: ширина в свету - 4980 мм, длина пода - 14400 мм. Температура нагрева металла до 1400 °С, температура посадка 1200 °С. Максимальный темп выдачи 48 шт/ч. Печи отапливаются природным газом теплотворной способностью 200 кДж (пять горелок в первой зоне и семь - во второй). Тип горелок - труба в трубе.

Транспортируют слябы между транспортными рольгангами методических и высокотемпературных печей при помощи граблевого подъема. Время подъема или опускания траверзы 2,0 с, движения тележки 2,3 м/с, высота подъема штанг траверзы 300 мм. Механизм подъема траверзы приводится от 55-кВт электродвигателя постоянного тока Д-810, механизм перемещения тележки - от 37-кВт двигателя постоянного тока Д-808.

Задают и проталкивают слябы через печь сдвоенным толкателем с усилием толкания двух штанг 1,28 МН, приводимых от двух 70-кВт электродвигателей постоянного тока Д-812. Скорость толкания садки 0,07 м/с. Передают нагретые слябы из печи на рольганг стана специальным подъемным устройством. Максимальный рабочий ход тележки 3400 мм, рабочее усилие на штанге механизма передвижения при перемещении тележки 14,8 кН, максимальное усилие на штанге механизма передвижения 29 кН, скорость перемещения тележки 0,3-1,0 м/с, высота подъема траверзы тележки 30 см, время подъема или опускания 2 с, допускаемое кратковременное усилие захвата траверзы при подъеме 138 кН.

Для промежуточного подогрева подкатов, предназначенных для дальнейшей прокатки на чистовой непрерывной линии, перед ней в потоке стана установлена шестизонная роликовая проходная печь.

Скорость пода, м/с: при загрузке и выдаче металла из печи 1,5-3,7, при покачивании 0,4 м/с, транспортная - 3,7-5,8 м/с. Размеры подогреваемого листа (10-24) x (600-1500) x (5000-35000) мм; масса 0,8-3,45 т.

В печи 92 ролика диаметром 165 мм, шаг роликов 580 мм, шаг роликов 580 мм. Охлаждаются ролики водой. Сверху и снизу проходящей полосы установлено 58 инжекционных горелок. Воздух подогревается в металлических трубчатых рекуператорах до 400 °С. При посадке в печь подкаты имеют температуру 900 °С и подогреваются до 1100 °С, а из нержавеющей сталей до 1160 °С. Пролет печей обслуживается 10-т мостовым краном.

## 2.2 Оборудование и технология прокатки[2]

Стан полосовой полунепрерывный имеет две линии: 2300 и 1700. Нагретые слябы по рольгангу поступают в черновой вертикальный нереверсивный двухвалковый окалиноломатель для обжатия боковых кромок сляба и скалывания окалины. За окалиноломателем установлена установка гидросбива окалины.

Рольганг снабжен направляющими передвижными линейками речного типа с приводом с 16-кВт электродвигателя.

Диаметр валков окалиноломателя 900-1000 мм, длина бочки 700 мм, материал - сталь 55Х. Рабочий раствор валков 550-1200 мм, скорость установки 7,35 м/с. Станина окалиноломателя литая, стальная. Максимальное усилие металла на валки 3 МН. Скорость прокатки 1,0 и 1,46 м/с, допускаемое обжатие 1-5 % от ширины сляба, но  $\leq 30$  мм.

Разбивка ширины сляба до необходимой ширины раската и получения подката для универсальной клетки проводится в уширительной реверсивной

двухвалковой клетки. Толщина подката должна быть не менее двухкратной толщины листа. Температура металла: перед универсальной клетью 1100-1200 °С, начала прокатки  $\geq 1050-1020$  °С, конца прокатки 800-950 °С в зависимости от толщины прокатываемых листов и стали. Станины универсальной клетки закрытого типа из стали ЗЛ-111. Высота окна станины 3700 мм, ширина 1430 мм, расстояние между осями 3100 мм.

Диаметр рабочих валков 980-1100 мм, длина 2300 мм, материал - сталь 60ХН, масса валка 26 т. Максимальный подъем верхнего валка 47 см, скорость 2-40 см/с. Вкладыши подушек рабочих валков текстолитовые. Диаметр нажимного винта 48 см, шаг нарезки 48 мм, смазка циркуляционная жидкая. Уравновешивание верхнего валка гидравлическое, давление в цилиндре 9,8 МПа. Привод валков от 2,56-МВт электродвигателя постоянного тока ПБК 380/125 (25/50 об/мин). Шпиндельное устройство универсальное. Материал шпинделей - сталь 40Х, угол наклона - 0,033 рад.

Шестеренная клеть двухвалковая. Диаметр начальной окружности 1100 мм. Перед уширительной клетью установлен рольганг с восемью коническими роликами для поворота слябов при разбивке ширины. Диаметр бочки роликов 400/320 мм, длина 3090 мм, шаг роликов 340 мм. Привод рольганга от двух 46-кВт двигателей ДП-62 (760 об/мин),  $i_p = 3,5$ .

Манипуляторные линейки перед уширительной клетью предназначены для перемещения и установки раската по оси прокатки. Максимальная масса устанавливаемых заготовок 5,5 т, скорость движения линеек 0,4 м/с, максимальный раствор 3,4 м, минимальный 0,6 м. Привод манипулятора гидравлический.

Универсальная клеть 2300 предназначена для прокатки подката толщиной 40-45 мм в листы толщиной 6-20 мм или подката для линии 1700 толщиной 18 мм и содержит вертикальные и горизонтальные валки.

Диаметр вертикальных рабочих валков 550-600 мм, длина бочки 250 мм, материал - сталь 45; подшипники качения конические; привод от

200/300-кВт электродвигателя постоянного тока МПВ 42,3/78 (500/1000 об/мин), передаточное число привода вертикальной клетки -  $i_p = 5,67$ . Величина раскрытия вертикальных валков 55-210 см, скорость установки валков 8,13 мм/с.

Горизонтальные валки собраны в четырехвалковую реверсивную клеть. Диаметр бочки рабочих валков 700-750 мм, длина 2300 мм, материал - легированный двухслойный чугун; подшипники четырехрядные, роликовые конические. Диаметр бочки опорных валков 1300-1400 мм, длина 2300 мм, материал сталь 90ХФ или 60ХН, подшипники четырехрядные роликовые конические. Профилировка валков приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1 — Профилировка валков

Прока тывае- мые стали	В клетях линии 2300:			В клетях непрерывной группы 1700:					
	Черновом окалино- ломателе	Ушир итель- ной	Униве рсаль- ной	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й
Рабочие валки									
Углеро дистые низко- легиро- ванные	Цилинд- рические	Вогнутые		-0,10 -0,15	-0,10 -0,15	-0,10 -0,15	0,00 -0,05	0,00 -0,05	0,00 -0,05
Нержа- веющи е	-	-	0,25	+0,1 0	+0,1 0	+0,1 0	+0,0 5	+0,0 5	+0,0 5
			0,1	+0,1 5	+0,1 5	+0,1 5	+0,0 7	+0,0 7	+0,0 7
Опорные валки									
Разны е	-	-	+0,05	-	-	+0,2 0	+0,3 0	-	-

Максимальный рабочий раствор валков 200 мм, минимальный - 100 мм. Скорости установки валков 1,5-10-15 мм/с. Диаметр нажимного винта

520 мм, шаг упорной резьбы 24 мм, уравнивание верхнего валка гидравлическое (давление в цилиндре 9,8 МПа). Станина клетки закрытого типа из стали 3Л-111. Привод клетки от 4560-кВт электродвигателя постоянного тока ПБК 250/145-2 (70/120 об/мин), скорость прокатки 1-5,1 м/с.

Шпиндельное устройство универсальное, материал шпинделей сталь 34ХНЗМ, диаметр тела шпинделей 36 см; длина по осям шарниров 3,8 м, максимальный угол наклона 3°. Уравнивание шпинделей: нижнего - пружинное, верхнего - гидравлическое.

Режим обжатий при прокатке среднеуглеродистых и легированных сталей в уширительной и универсальных клетях приведен в табл. 2.2.

Таблица 2.2 — Схема обжатий при прокатке сталей первой группы

Пропуск	Уширительная клеть:			Универсальная клеть:		
	h, мм	$\Delta h$ , мм	$\varepsilon$ , %	h, мм	$\Delta h$ , мм	$\varepsilon$ , %
Сляб 190 x 600 x 1850 мм				Подкат 36 x 1800 мм		
1*	175	15	7,9	28	8	22,2
2	150	25	14,3	22	6	21,4
3	130	20	13,3	17	5	22,8
4	112	18	13,8	13	4	23,6
5	97	15	13,4	9,5	3,5	27
6	83	14	14,4	10,5	Подрыв	1-2
7	70	13	15,7	Лист 10 x 1600 мм		
8*	61	9	12,9			
9	49	12	19,6			
10	39	10	20,4			
11	36	3	7,7			

Перевалка клетки осуществляется с помощью перевалочных тележек. Рабочие валки, а также валки окалиноломателей меняют при помощи ребристых муфт одним мостовым краном грузоподъемностью 980 кН.

После универсальной клетки технологический процесс делится на два потока: производство листов и рулонов.

### 2.2.1 Производство листов

В первом потоке листы, прокатанные на универсальной клети до необходимой толщины подаются рольгангами к гильотинным ножницам и дальше - к правильной машине горячей правки.

Гильотинными ножницами горячей резки удаляют передний и задний концы листа размерами (4-20) x (600-2100)мм. Усилие резания 1176 кН, длина режущей кромки ножа 2300 мм, число резов в минуту 16, наибольшее раскрытие ножей 95 мм, температура горячей резки > 700 °С. Ножницы оборудованы гидросбрасывателем обрезков. Давление в гидросистеме 5 МПа. Привод от 80-кВт электродвигателя (584 об/мин).

Рольганг перед ножницами снабжен раздвижными линейками. Максимальный раствор линеек 240 см, минимальный 75 см, скорость раздвижения 25 мм/с, привод от 7,5-кВт электродвигателя (905 об/мин).

Семироликовая передвижная правильная машина: толщина выправляемых листов 4-35 мм, температура  $\geq 700$  °С, диаметр роликов 300 мм, длина - 2500 мм, привод осуществляется от двух 100-кВт двигателей (584 об/мин), скорость правки 1,93 м/с.

При дальнейшей прокатке полосы на стане 1700 правильную машину отодвигают и на её место устанавливают рольганг с индивидуальным приводом роликов. Механизм передвижения правильной машины приводится от 28-кВт электродвигателя (680 об/мин).

За правильной машиной установлены рольганг и опускающийся упор, ход пневматического цилиндра которого 100 мм, давление воздуха в цилиндре (0,4-0,5 МПа), диаметр цилиндра 250 мм, ход щита упора 90 мм.

Выправленные листы передаются для охлаждения в зависимости от стали на воздухе - на шлепперах (малоуглеродистые, легированные и нержавеющие стали) и в защищенных от сквозняков штабелях  $\geq 24$  ч (высокоуглеродистые и инструментальные стали).

### 2.2.2 Производство полосы в рулонах

Во втором потоке листы из нержавеющей стали поступают в роликую печь, где нагреваются до 1100-1160 °С. Нагретая полоса поступает по рольгангу к летучим ножницам, на которых при необходимости обрезают передние и задние концы, после чего подкат передают в чистовую группу стана.

Летучие ножницы барабанного типа приводятся 630-кВт электродвигателем (750 об/мин), наибольшее разрезаемое сечение (10-24) x 1550 мм, длина  $\geq$  6800 мм. Скорость движения полосы 0,6-2,0 м/с. Температура разрезаемого металла 900-1000 °С. Усилие реза 1480 кН. Точность реза  $\pm$  25 мм.

Чистовая группа клетей состоит из окалиноломателя с горизонтальными валками (табл. 2.3) и шести четырехвалковых клетей, расположенных последовательно одна за другой.



Таблица 2.3 — Характеристика валков рабочих клеток линии 1700

Характеристика валков	Чистовой окалиноломатель	Рабочие валки		Опорные валки № 3-№ 8
		клетей № 3-№ 5	клетей № 6-№ 8	
Бочка: диаметр, мм	600-570	700-650	700-650	1400-1300
Бочка: длина, мм	1700	1700	1700	1700
Шейка: диаметр, мм	360	400	400	812
Шейка: длина, мм	645	655	655	730
Шейка: радиус закругления, мм	25	30	30	50
Треф: диаметр, мм	320	360/270	Правый 360/270 Левый 340/250	500
Треф: длина, мм	370	390	390	435
Материал валков	Чугун	Чугун легированный		Сталь 9ХФ
Твердость бочки HSh	58-68	58-58	70-85	35-50
Масса валка, кг	5400	6619	6615	29700
Подшипники: тип	Четырехрядные роликоконические			Жидкостного трения
Подшипники: номер	77172	77880	77880	ПЖТ-1000

Расстояние между клетями 6 мм. Станины закрытого типа, литые. Рабочий подъем верхнего рабочего валка 90 мм, максимальный подъем верхнего рабочего валка при перевалке 250 мм. Максимальное усилие металла на валки 29,5 МН. Клетки снабжены устройством для перевалки, проводками и петледержателями. Валки клеток № 3 и № 4 приводятся от главных двигателей через редуктор, остальные - непосредственно от

двигателей через шестеренные клетки. Скорость прокатки в последней чистовой клетки  $\leq 11$  м/с.

Шестеренные клетки двухвалковые. У рабочих клетей № 3-№ 5 шестеренные клетки 800, а у рабочих клетей № 6-№ 8 шестеренные клетки 700. Зубьев шестеренных валков 22, угол зацепления  $20^\circ$ .

Редукторы главных приводов клетей № 3 и № 4 цилиндрические, одноступенчатые:  $A_3 = A_4 = 220$  мм,  $i_3 = 4,82$ , число зубьев шестерни редуктора 34, колеса редуктора 164; четвертой клетки  $z_{ш3} = 34$ ,  $z_{к3} = 164$ ,  $i_4 = 3,0$ ;  $Z_{ш4} = 50$ ,  $z_{к4} = 150$  соответственно; наибольший передаваемый рабочий момент  $1,45$  МН·м.

Для регулирования поперечной разнотолщинности и профиля горячекатаных полос на клетях № 7 и № 8 установлены системы противоизгиба рабочих валков. Давление масла в системе  $10,0-12,0$  МПа, максимальное расширяющее усилие  $1,1$  МН. В каждой подушке по четыре плунжера диаметром  $180$  мм, рабочий ход плунжера  $20$  мм.

Рольганг из 161 ролика за чистовой группой делится на три: первый - непосредственно за чистовой группой, второй - промежуточный, на котором полоса охлаждается водой под давлением  $1,5$  МПа, третий - перед моталками.

Перед смоткой в рулоны полосы охлаждают в пятисекционной установке ламинарного охлаждения. Расстояние от восьмой клетки до первой секции  $21$  м, от первой секции до второй -  $9$  м, далее - по  $12$  м. Расстояние от пятой секции до оси первой моталки  $35,88$  м. Расход воды  $250$  м<sup>3</sup>/ч.

Рольганг перед моталками оборудован раздвижными и направляющими линейками. Максимальный раствор раздвижных линеек  $1900$  мм, минимальный  $900$  мм, скорость раздвижения  $20,8$  мм/с. Привод линеек - от  $7,5$ -кВт электродвигателя ( $540$  об/мин).

Максимальный раствор направляющих линеек 1820 мм, минимальный 600 мм, скорость раздвижения 25 мм/с. Привод линеек - от 7,5-кВт электродвигателя (905 об/мин).

Для смотки полосы в рулоны служат три концевые моталки. Каждая моталка снабжена тянущими роликами, барабанами с гидравлическим регулированием диаметра, восемью формирующими роликами, пневматическим сталкивателем, кантователем и укладчиком рулонов на приемный конвейер.

Толщина наматываемой полосы 2-10 мм, ширина 600-1550 мм, скорость наматывания 4,5-11 м/с. Максимальная температура полосы 600 °С. Масса рулона 5,2 т. Наружный диаметр рулона 850-1300 мм. Диаметр барабана 728-750 мм, длина 2350 мм. Привод барабана - от 140-кВт электродвигателя (610 об/мин). Сокращение диаметра барабана осуществляется с помощью гидросистемы (с давлением 1,5 МПа). Диаметр верхнего тянущего ролика 900 мм, нижнего 500 мм, длина роликов 1700 мм, привод - от двух 67-кВт электродвигателей (520 об/мин). Диаметр формирующих роликов 300 мм, длина бочки 1700 мм, максимальный ход 350 мм. Приводятся только четыре ролика от 16-кВт электродвигателя (1170 об/мин).

Между моталками установлены передаточные рольганги, оборудованные направляющими линейками со скоростью передвижения 20 мм/с. Привод линеек - от 7,5-кВт электродвигателя (905 об/мин).

Сталкиватель рулонов работает от пневматической системы: диаметр цилиндра 300 мм, ход 2520 мм, время сталкивания одного рулона 5 с.

С моталок рулоны поступают на приемный шаговый конвейер. Размеры передаваемого рулона: наружный диаметр 850-1400 мм, внутренний 700 мм, высота 600-1550 мм, максимальная масса  $\leq 8$  т. Шаг между рулонами 3,1 м, скорость транспортировки 0,05-0,2 м/с. Диаметр роликов стеллажа 200 мм, число роликов 150. Транспортным цепным конвейером рулоны

транспортируются к подъемно-поворотному столу. Общая длина конвейера 83,8 м, секций две, скорость транспортировки 0,05-0,2 м/с. Одновременно на конвейере могут находиться  $\leq 14$  рулонов. Привод конвейера от 16-кВт электродвигателя ДП-41 (741 об/мин).

Рулоны передаются с конвейера на межцеховой транспортер подъемно-поворотным столом. Масса поднимаемого рулона 0,8-4,0 т. Время подъема стола 4,5 с, опускания - 4,5 с, поворота - 5,0 с. Общая длина межцехового цепного транспортера 195,4 м, скорость движения цепи 5-10 см/с.

Пролет стана обслуживается тремя мостовыми кранами грузоподъемностью 50/10, 100/20 и 75/20 т.

### 2.3 Оборудование и технология отделки готового проката

Листы, прокатанные на универсальной клети, передаются на транспортер, где частично охлаждаются, и по нему - в соседний пролет на охлаждающий рольганг с серебристыми роликами. На этом рольганге полосы охлаждаются водой, а затем поступают на инспекторские столы для осмотра и разметки под резку дисковыми и гильотинными ножницами с нижним резом.

На дисковых ножницах с кромкокрошителями обрезаются листы шириной 600-2100 мм, толщиной 4-20 мм. Максимальная ширина обрезаемых кромок 100 мм. Диаметр ножей дисковых ножниц 920-1000 мм, скорость резания 0,375-0,41 м/с. Число резов кромкокрошительных ножниц в минуту 21, длина обрезаемых кромок 1,2 м, усилие резания 1,37 МН. Гильотинные ножницы с нижним резом предназначены для резки холодных полос толщиной 4-20 мм. Ширина разрезаемого листа 0,6-2,0 м. Длина режущих кромок ножа 2,3 м. Усилие реза 3,1 МН, число резов в минуту 10, число ходов в минуту 15. Наибольшее раскрытие ножей 95 мм. Мощность привода ножниц 125 кВт, число оборотов в минуту 975. За ножницами

установлен рольганг, состоящий из 56 роликов с индивидуальным приводом. В потоке с ножницами установлены правильная машина, гильотинные ножницы с верхним резом для разделки бракованных листов и три листоукладчика с карманами. Продолжительность цикла укладки листа 8 с.

Листоправильная машина предназначена для правки листов толщиной 8-20 мм, шириной 2,0 м. Скорость правки 0,75 м/с. Правильных роликов семь, шаг роликов 360 мм, диаметр крайних верхних роликов 370 мм, остальных 320 мм, длина бочки опорных роликов 3500 мм, рабочих 2300 мм, скорость подъема верхних валков 0,5 мм/с, привод от 160-кВт электродвигателя (735 об/мин).

За правильной машиной установлен рольганг из 15 роликов диаметром 300 мм, длиной бочки 2,4 м, шаг роликов 700 мм. Окружная скорость 0,75 м/с. Привод роликов индивидуальный от 1,4-кВт электродвигателя (450 об/мин).

Листоукладчик с карманами рычажного типа предназначен для укладки готовых мерных листов (4-20) x (600-2000) x (1500-6500) мм массой  $\leq 2,0$  т в 15-т пакеты высотой  $\leq 300$  мм. Продолжительность цикла укладки 8 с. Привод осуществляется от 11-кВт электродвигателя, число оборотов в минуту 735. В линии установлено четыре кармана со сбрасывателями.

Ножницы листовые с верхним резом предназначены для разделки брака. Давление на нож 2,5 МН. Толщина разрезаемого листа  $\leq 32$  мм, ширина  $\leq 3,2$  м. Число резов в минуту при максимальной толщине семь. Максимальное расстояние между ножами 120 мм, минимальное 75 мм. Привод от 125-кВт электродвигателя (975 об/мин). Ножницы оборудованы полем "гусиных шеек".

Все прокатанные листы делят на две группы: одну подвергают термической обработке и травлению, другую - только травлению.

Термическая обработка листов осуществляется в роликовой проходной четырехзонной закалочной печи или в колпаковых печах для отжига. Закалке

подвергают листы из нержавеющей стали. Размеры роликовой закалочной печи: ширина 2,5 м, длина 31 м, число роликов 77, диаметр роликов 275 мм, шаг 410 мм. Размеры закаливаемых листов: (4-20) x (1000-2000) x (1500-6500) мм. Печь отапливается коксодоменной смесью теплотой сгорания 5900 кДж/м<sup>3</sup> через 49 инжекционных горелок. Газ подогревается до 300 °С в металлических трубчатых рекуператорах. Листы нагревают до 850 °С. Производительность печи 10 т/ч. Скорость роликов при загрузке и выгрузке 1 м/с, при покачивании 0,2 м/с. Закаливают листы в закалочном прессе. Сила зажатия закаливаемого листа 790 кН, подъем нижней рамы 250 мм, длина рабочей клетки 8000 мм. Давление воды 0,8 МПа, диаметр отверстия для подачи воды 5 мм.

Две колпаковые печи предназначены для отжига листов длиной ≤ 6500 мм, шириной 1000-2100 мм, толщиной 4-20 мм. Максимальная высота стопы 1500 мм. Масса садки 100 т. Печи отапливаются коксодоменной смесью теплотой сгорания 5860 МДж/м<sup>3</sup>. Температура поддерживается в пределах 870-890 °С. Печь состоит из одного наружного футерованного колпака, трех внутренних колпаков и трех футерованных стендов. Ширина печи 2780 мм, длина 6720 мм, производительность 2,5 т/ч.

Отожженные листы в зависимости от толщины правят на двух отдельно стоящих правильных агрегатах. На первом правят листы размерами (40-10) x 2000 мм. Агрегат состоит из раскладчика, опрокидывателя стопы, листоукладчика, подающего рольганга, листоправильной машины и отводящего рольганга с укладчиком листов в карманы. Листоправильная машина снабжена девятью рабочими роликами и 21 опорным. Диаметры рабочих роликов 230 мм, опорных 240 мм, длины рабочих роликов 2300 мм, опорных 2500 мм. Шаг роликов 250 мм. Наибольший раствор роликов 100 мм, наименьший 10 мм. Привод - от 160-кВт электродвигателя (735 об/мин). Скорость правки 0,75 м/с. На другом агрегате правят листы толщиной 8-20

мм, шириной 2 м. Рабочих роликов семь, диаметр роликов 320 мм, длина бочки 2,3 м. Прочие характеристики те же, что и у первого агрегата.

После термической обработки и правки листы на троллейной тележке передают в травильное отделение. Травление листов из нержавеющей и углеродистых сталей ведут в разных потоках. Нержавеющие листы подвергают щелочно-кислотному травлению с отбелкой, а углеродистые - кислотному.

Нержавеющие листы в корзинах загружают краном в щелочную ванну состава 80 % каустической соды и 20 % натриевой селитры и выдерживают ~ 30 мин. Температура расплава 450-550 °С. Затем корзины краном переносят в ванну с холодной проточной водой. После промывки следует травление в кислотной ванне с концентрацией раствора 18 %  $H_2SO_4$  и 5 %  $NaCl$ . Температура раствора 60-80 °С, время выдержки в ванне 5-10 мин. Далее промывка в горячей воде при 60 °С и отбелка в азотнокислой ванне с концентрацией 6-8 %  $HNO_3$  в течение 3-10 мин. Температура раствора 40-50 °С. За отбелкой следует промывка листов в горячей воде с температурой 60 °С.

Углеродистые листы травят 30 мин в водном растворе 15 %  $H_2SO_4$  и 3 %  $NaCl$  при 60-80 °С. Затем следует промывка в горячей воде при 50-60 °С.

Промытые и нержавеющей, и углеродистые листы электротележкой подают на чистильно-моечный агрегат. Скорость движения листа в моечном агрегате 0,5-2,0 мм/с, окружная скорость щеточных роликов 3,7-7,4 м/с, диаметр щеточного ролика 270-350 мм, диаметр транспортных роликов 180-210 мм, длина роликов 2100 мм, температура воды 80-90 °С. Агрегат приводится 13-кВт двигателем (920 об/мин).

После промывки листы сушатся, затем листоукладчиком их сбрасывают по одному в карман, где набирается стопа. Листы в стопах из кармана убирают мостовым краном и передают на загрузочное устройство агрегата инспекторского осмотра. Годные листы набирают в стопы и транспортируют на склад готовой продукции. Листы с местными дефектами

сбрасываются в отдельный карман и передаются краном на агрегат из двух наждачных машин для зачистки дефектов.

На складе листы сортируют по маркам стали и плавкам, упаковывают и взвешивают. В отделочном пролете работают 11 мостовых кранов: два 7,5-т, один 50/10-т, шесть 15-т, один 30/5-т. Склад готовой продукции закрытой конструкции; площадь склада 2240 м<sup>2</sup>.



### 3 АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОКАТКЕ НА ШПСГП 1700[3]

#### 3.1 Определение дефектов

При прокатке горячекатаного листа возникают разного вида дефекты, которые могут приводить к отбраковке.

Брак – это:

- Несоответствие показателей качества металлопродукции требованиям технической документации;
- Изделие или полуфабрикат, хим. состав или совокупность свойств которого не удовлетворяет обязательным требованиям ГОСТов и ТУ.

Различают производственный брак исправимый и окончательный. К исправимому относится продукция, которую технически возможно и целесообразно исправить в условиях предприятия. К окончательному – изделия с дефектами, устранение которых технически невозможно или экономически невыгодно. Такие изделия подлежат утилизации как отходы производства.

Причинами брака могут быть неправильная наладка стана, неисправность оборудования и инструмента, ошибки в нормативно-технической документации, чертежах, нарушение технологической дисциплины, недостаточная квалификации рабочего и т.д.

Признаки производственного брака – несоответствие качества детали или изделия предъявляемым техническим требованиям (неправильность размеров, нарушение установленной рецептуры продукта и др.).

Выявление брака возлагается на рабочих, мастеров и работников отдела технического контроля. Основанием для учета производственного брака, анализа и разработки мероприятий по его устранению и т.п. служит «извещение о браке», в котором указываются его причины и виновники. Для

анализа причин используется «классификатор брака», содержащий систематизированный перечень причин и виновников брака.

Снижение производственного брака обеспечивается организационно-технологическими мероприятиями: механизацией и автоматизацией производственных процессов, содержанием оборудования, внедрением передовых форм и методов технического контроля и др. Большое значение для предупреждения брака имеют система бездефектного изготовления продукции, строгое соблюдение технологической дисциплины на рабочем месте, правильная организация труда, повышение квалификации рабочих, материальное поощрение работников за изготовление высококачественной продукции.

### 3.2 Виды дефектов

На стане 1700 чаще всего при прокатке листов прослеживаются следующие виды дефектов: продольная разнотолщинность, поперечная разнотолщинность, неплоскостность, серповидность, волнистость кромки, плены, трещины, риски, черновины, порезы, дефекты травления и пятна загрязнения.

### 3.3 Причины дефектов и способы их устранения

К основным дефектам качества листового проката, относятся отклонения по толщине и форме листов и полос.

Продольная разнотолщинность – неравномерность толщины по длине прокатанных полос, образовавшаяся вследствие нестабильности условий прокатки. Продольная разнотолщинность определяется как максимальная разность толщин по длине полосы.

Поперечная разнотолщинность – дефект профиля поперечного сечения полосы в виде неравномерной толщины по ширине листа. Поперечная

разнотолщинность определяется как максимальная разность толщин по ширине листа.

Неплоскостность – это дефект формы листа и полосы в виде отклонений от заданной плоскости.

Рулоны горячекатаного подката не должны иметь телескопичности, в особенности - отдельных выступающих витков. Телескопичность рулонов подката более 50 мм приводит к загибам витков, образованию складок, затрудняет их размотку при травлении. Одной из причин появления телескопичности является серповидность полос.

Серповидность – это изгиб в плоскости листа в форме дуги. Образуется при нарушении технологии прокатки и резки полос. Она ухудшает условия стыковки при сварке полос, что приводит к порывам сварных швов, поэтому серповидность подката должна быть ограничена величиной 10 мм на 3 м длины.

Волнистость кромки – неплоскостность в виде чередования гребней и впадин на кромках, образующихся из-за большей длины кромки по сравнению с серединой листа.

Дефекты поверхности горячекатаного подката проявляются на холоднокатаных полосах. Такие дефекты, как следы от усадочных раковин, раскатанные плены, надрывы по неметаллическим включениям, являются недоступными. Наиболее распространенным дефектом поверхности является вкатанная окалина, которая образуется из-за неудовлетворенной работы гидросбива окислы, а также при горячей прокатке на изношенных валках.

При обработке давлением стенки пузырей и раковин слитков сжимаются, вытягиваются и частично уширяются. Наружные стенки камер при возрастании обжатия металла делаются тонкими и прорываются. Образующееся таким образом расслоение металла, более или менее

параллельное поверхности и выходящее на нее, называется пленой. Удаление плены на полуфабрикатах, если глубина их не выходит за пределы допусков по размерам, не оказывает влияния на качество продукции.

Трещины на поверхности, равно как и внутренние трещины, являются результатом возникших напряжений при неравномерном нагреве, сильном наклепе, прижогах при шлифовании и тому подобных причин. Трещины, не выводящие полуфабрикат за пределы допусков по размерам, относятся к исправимому браку. В готовом изделии трещины служат причиной забраковки.

Риски (продольные царапины) возникают на внутренних и наружных поверхностях в результате плохой полировки штампов, попадания в них твердых частиц (песок, окалина, металлическая стружка), попадания таких же частиц в волочильное очко при протяжке, при негладких поверхностях профилей, матриц и т.п.

Черновины – это непрошлифованные участки изделий, на дне которых осталась окалина. Дефект способствует быстрому износу изделия, портит внешний вид и мешает работе с определенной точностью.

В результате неравномерной деформации по ширине полосы возникает поверхностный дефект в виде светлых полос, идущих вдоль направления прокатки или под углом к нему, который называется порезом.

## 4 РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТОЧНОСТИ ПРОКАТКИ

### 4.1 Техническое предложение по повышению точности прокатки

Один из вариантов решения данного вопроса заключается в том, чтобы установить в каждой клети дополнительно гидравлическое нажимное устройство. Такое решение даст возможность во время прокатки в режиме онлайн регулировать зазор между валками с высоким быстродействием.

### 4.2 Точность полосы

Точность полосы является важной характеристикой ее качества. С одной стороны, уменьшение разнотолщинности диктуется потребителями тонкого листа, производящими из него изделия штамповкой, гибкой и другими операциями обработки металлов давлением (ОМД). Из-за разнотолщинности снижается точность и качество получаемых изделий, растут вариация и неравномерность напряжений и усилий при штамповке, повышается износ инструмента. За характеристику разнотолщинности полосы можно принять дисперсию толщины полосы. Если толщину измерять в нескольких точках по ширине полосы, то будет получена статистически полная характеристика толщины. Однако, учитывая соотношение длины и ширины полосы, а также результаты экспериментальных исследований, можно считать вариацию толщины полосы по ее ширине примерно на порядок меньше, чем по длине. Поэтому при оценке непостоянства толщины можно ограничиться результатом измерения ее в одном по ширине сечении, как это и делается на практике.

Причинами разнотолщинности полосы являются разнотолщинность подката, и разнотолщинность порождаемая эксцентриситетами валков, и различного рода биениями, которые влекут периодические колебания межвалковых натяжений и зазоров между валками. Чтобы добиться

одинаковой толщины полосы при выходе из клетки нужно регулировать межвалковый зазор или создавать усилия по натяжению полосы во время её прокатки. Реализация этой задачи осуществляется различными способами:

- станочное профилирование образующих бочек опорных и рабочих валков;
- тепловое регулирование профиля бочек рабочих валков в процессе прокатки полосы;
- принудительный изгиб рабочих валков в вертикальной плоскости воздействием на их подушки;
- осевая сдвигка рабочих валков с применением специальных профилировок валков.

Способы 3 и 4 обеспечивают высокое быстродействие регулирования профиля и формы полосы и широко применяются на станах горячей и холодной прокатки. Воздействие гидравлическим изгибом ограничено прочностью подшипников качения рабочих валков.

Основное назначение нажимных устройств толстолиствого стана – регулирование толщины полосы, требования к качеству которой постоянно растут. При регулировании толщины полосы требуется компенсировать незначительные, но быстроизменяющиеся её отклонения. Несмотря на постоянное совершенствование конструкции систем управления, электромеханические нажимные устройства имеют весьма низкое (по сравнению с требуемым) быстродействие из-за больших динамических масс. Для повышения качества регулирования необходимо значительно повысить в первую очередь уровень развиваемых приводом ускорений. Однако известно, что для электропривода повышение уровня ускорения сопряжено с необходимостью увеличения пускового тока, который ограничен тепловым режимом работы двигателя и не может превышать номинальный ток более чем в 2,5 раза (при специальном исполнении двигателя в 3,5 раза). Поэтому

значения ускорения  $2 \text{ мм/с}^2$  является фактически предельным для электромеханического нажимного устройства. Кроме того, следует учитывать, что при значительной частоте возмущений по толщине, порождённых, например, эксцентриситетом валков стана холодной прокатки, электромеханическое нажимное устройство с низким ускорением не успевает обеспечить позиционирование валков даже при работе с повышенной нагрузкой. Для предотвращения износа нажимного устройства и обеспечения устойчивости системы автоматического регулирования толщины обычно предусматривают достаточно широкие зоны нечувствительности. Необходимо иметь в виду, что повышение ускорений нажимного устройства влечёт рост динамических нагрузок в механических звеньях, следовательно, требует их усиления и утяжеления, что приводит к увеличению маховых масс. Отсюда также следует ограничение на уровень ускорений электромеханического нажимного устройства.

Скорость действия нажимного устройства можно увеличивать применением гидравлического привода. В гидроприводе отсутствуют механические передачи и вращающиеся звенья, обладающие существенной инерционностью. Нажимное устройство с гидроприводом обеспечивает большую точность отработки управляющих воздействий за счёт исключения люфтов и упругого закручивания нажимного винта при вращении его под нагрузкой, характерным для устройства с электроприводом. В качестве весьма важных преимуществ гидравлического нажимного устройства наряду с перечисленными выше можно назвать малый износ, надёжность позиционирования валков. Гидравлическое нажимное устройство более компактно и менее металлоёмко, отличается надёжностью и простотой обслуживания. Благодаря малой инерционности, устройство позволяет компенсировать эксцентриситет валков стана холодной прокатки, в значительной мере определяющий дисперсию толщины полосы. Гидравлическое нажимное устройство (ГНУ) даёт возможность обеспечить

удовлетворительный результат по постоянству зазора. Весьма важно, что ГНУ позволяет достаточно просто осуществлять аварийное отключение при чрезмерном, скачкообразном увеличении усилия прокатки и, следовательно, значительно повысить надёжность стана, снижая вероятность поломок механического оборудования клетей. Отмеченные преимущества достигаются лишь при высокой точности изготовления гидрооборудования и качественной очистке масла. В проекте предлагается гидравлическое нажимное устройство применить в комбинации с электромеханическим нажимным устройством, обеспечивающим большие перемещения.

#### 4.3 Гидравлическое нажимное устройство

Гидравлическое нажимное устройство состоит из двух гидроцилиндров, расположенных под подпятниками нажимных винтов. Положение плунжеров относительно цилиндров контролируется датчиком хода. Датчик давления в гидроцилиндре может служить для измерения усилия прокатки. Рабочая жидкость подается в гидроцилиндры по трубопроводу через сервоклапан насосом. Питание и сброс масла осуществляются посредством резервуара. Управление ГНУ производится микропроцессором. Схема гидропривода представлена на рисунке 4.3.[4]



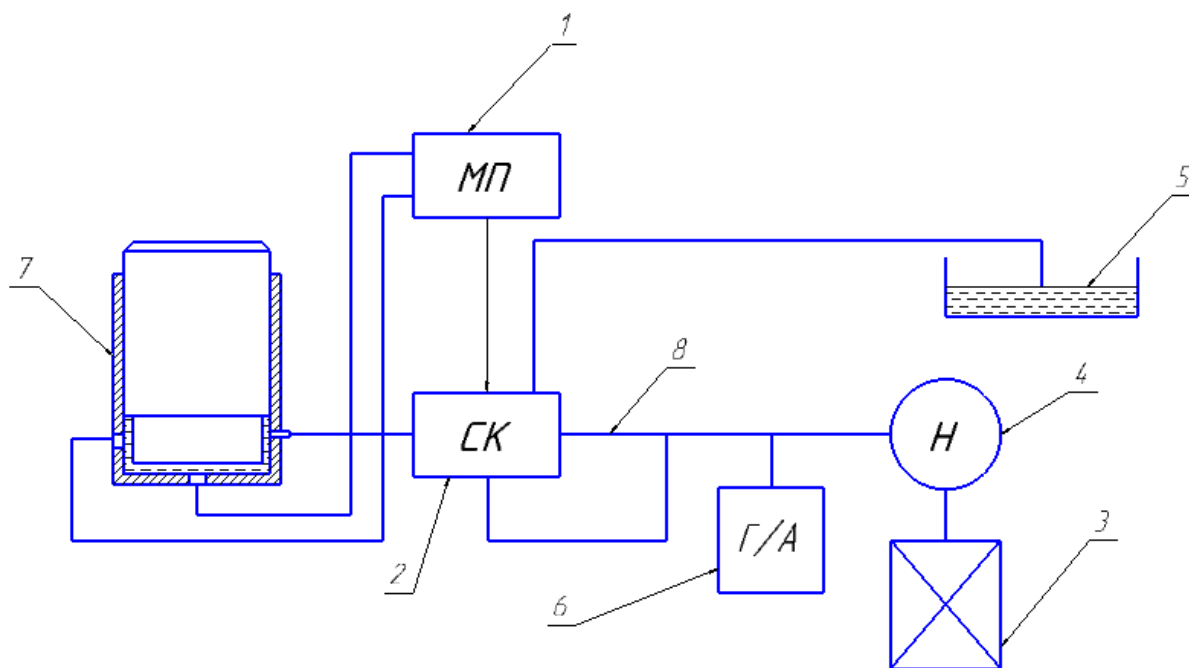


Рисунок 4.3 — Схема гидропривода:

1 – микропроцессор, 2 – сервоклапан, 3 – электродвигатель, 4 – насос, 5 – резервуар, 6 – гидроаккумулятор, 7 – гидроцилиндр, 8 – трубопровод.

Работает ГНУ следующим образом. Во время паузы оператор устанавливает требуемую величину зазора между валками. Микропроцессор подает сигнал на открытие или закрытие сервоклапана и рабочая жидкость поступает в гидроцилиндры или уходит из них, перемещая при этом плунжеры до тех пор, пока измеренное датчиком положение плунжера не станет равным заданному. Масло подается в сервоклапан насосом, который приводится от электродвигателя. При сбросе давления в гидроцилиндрах масло из сервоклапана поступает в резервуар.

## 5 РАСЧЕТ ЭНЕГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

### 5.1 Исходные данные

Диаметр валков 700...650 мм;

Начальная высота поперечного сечения металла 21 мм;

Конечная высота поперечного сечения металла 15,5 мм;

Ширина полосы 1500 мм;

### 5.2 Формулы для расчета усилия прокатки

Была использована методика расчета Сторежева М.В.[5]

Усилие прокатки определяется по формуле:

$$P = p_{\text{ср}} \cdot F_{\text{к}}, \quad (1)$$

где  $P$  - усилие прокатки;

$p_{\text{ср}}$  - среднее контактное давление;

$F_{\text{к}}$  – площадь проекции контактной поверхности.

Среднее контактное давление определяется по формуле:

$$p_{\text{ср}} = \frac{2}{\sqrt{3 + \xi^2}} n_{\sigma} \sigma_{\phi}, \quad (2)$$

где,  $\frac{2}{\sqrt{3 + \xi^2}}$  принимается равным 1,15;

$n_{\sigma}$  - коэффициент напряженного состояния;

$\sigma_{\phi}$  – сопротивление металла деформации (справочная величина).

Площадь горизонтальной проекции контактной поверхности определяется по формуле:

$$F_k = l_0 b_{cp} , \quad (3)$$

где  $l_0$  – длина очага деформации;

$b_{cp}$  – ширина проката средняя.

Длина очага деформации без учета сплющивания определяется по формуле:

$$l_0 = \sqrt{R \cdot \Delta h} , \quad (4)$$

где  $R$  – радиус валка;

$\Delta h$  - абсолютное обжатие.

Абсолютное обжатие определяется по формуле:

$$\Delta h = h_0 - h_1 , \quad (5)$$

где  $h_0$  – начальная высота поперечного сечения металла;

$h_1$  – конечная высота поперечного сечения металла.

Коэффициент напряженного состояния находится по формуле:

$$n_\sigma = 0.75 + 0.25 \cdot m , \quad (6)$$

где  $m = \frac{l}{h_{cp}}$ , при условии  $m > 2$ .

### 5.3 Расчет усилия прокатки

Для условий проекта:

Абсолютное обжатие:

$$\Delta h = 21 - 15.5 = 5.5 \text{ мм.}$$

Длина очага деформации:

$$l_0 = \sqrt{350 * 5.5} = 43.9 \text{ мм.}$$

Площадь горизонтальной проекции контактной поверхности:

$$F_k = 43.9 * 1500 = 65812 \text{ мм}^2.$$

Коэффициент напряженного состояния:

$$n_\sigma = 0.75 + 0.25 * 2.4 = 1.35$$

$$m = \frac{43.9}{18.25} = 2.4$$

Среднее контактное давление:

$$p_{ср} = 1.15 * 70 * 1.35 = 100 \frac{Н}{\text{мм}^2}.$$

Усилие прокатки равно:

$$P = 100 * 65812 = 6.5 * 10^6 \text{ Н.}$$

### 5.4 Формулы для расчета гидроцилиндра на прочность[4]

Толщину стенки цилиндра определяют по формуле:

$$\delta_{ст} = \frac{D}{2} \left( \sqrt{\frac{[\sigma] + p(1 - 2\mu)}{[\sigma] - p(1 + \mu)}} - 1 \right), \quad (7)$$

где  $p$  – давление в Па;

$\mu$  – коэффициент поперечной деформации, равный для стали 0,29;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение на растяжение.

Давление определяют по формуле:

$$p = \frac{P4}{2\pi D^2}, \quad (8)$$

где  $P$  – усилие прокатки;

$D$  – внутренний диаметр цилиндра.

### 5.5. Расчета гидроцилиндра на прочность

В начале рассчитываем давление:

$$p = \frac{5 * 10^6 * 4}{2\pi * 2,5 * 10^5} = 13 \frac{H}{мм^2},$$

Далее считаем толщину стенки цилиндра:

$$\delta_{ст} = \frac{500}{2} \left( \sqrt{\frac{[400] + 1,3 * 10^7(1 - 2 * 0,29)}{[400] - 1,3 * 10^7(1 + 0,29)}} - 1 \right) = 108 \text{ мм},$$

Поскольку гидроцилиндр предназначен только для тонкого регулирования толщины, ход гидроцилиндра принят равным 25 мм.

## 6. ЭКОЛОГИЯ И БЖД [6]

Работа каждого трудящегося комбината должна основываться на понимании того, что в условиях насыщенности производства всевозможными машинами, механизмами, электроустановками и др. агрегатами, облегчающими труд и делающими его максимально эффективным, в условиях сложного технологического процесса техника жестоко наказывает за небрежное, безграмотное к ней отношение.

Коллективный труд ставит в необходимую зависимость всех членов коллектива. Халатность в работе, нарушение безопасности труда является задачей каждого работника комбината.

Основой системы управления охраной труда является трехступенчатый контроль над состоянием условий и охраны труда на рабочих местах, производственных участках, в цехах и заводах, а также за соблюдением всеми службами, должностными лицами и работающими законодательных и нормативно-технических актов по охране труда.

Система управления охраной труда включает следующие основные задачи:

- обеспечение единой технической политики в области охраны труда;
- обеспечение безопасности производственных процессов;
- обеспечение безопасности производственного оборудования, зданий и сооружений;
- обеспечение безопасности трудовых процессов, создание оптимальных режимов труда и отдыха;
- повышение оснащенности техническими средствами охраны труда;
- повышение квалификации работников в области охраны труда;
- совершенствование организации производства и труда;
- обеспечение рабочих средствами индивидуальной и коллективной защиты;

- обучение рабочих и пропаганда безопасных методов труда;
- санитарно бытовое обслуживание;
- обеспечение гигиенических условий труда и их нормализация.

Система управления охраной труда может постоянно совершенствоваться с учетом опыта работ и нормативно-технических документов.

Разработка мероприятий по обеспечению безопасных условий работы на участке

Основными неблагоприятными факторами в прокатных цехах являются высокая температура воздуха, интенсивное инфракрасное излучение, вредные токсические выделения, шум, вибрация.

Опасность поражения электрическим током возникает при использовании печей сопротивления для нагрева заготовок, потребляющих электрическую мощность 15–330 кВт при напряжении на клеммах 50–80 В.

Причинами травм работающих в прокатных цехах являются: отсутствие ограждения движущихся вращающихся частей оборудования и автоматической подачи заготовок, расположенных на высоте до 2,5 м от уровня пола; отсутствие ограждения рабочей опасной зоны стана; отсутствие блокировки пультов управления при групповом управлении для каждого поста; отсутствие безопасных проходов, проездов и т.д.

Требования к материалам, производственному оборудованию, организации рабочих мест

Металл, поступающий в заготовительное отделение (на склады), укладывают в устойчивые штабеля высотой не более 1–1,2 м (при отсутствии упоров-столбиков), оставляя проходы между штабелями шириной не менее 1 м. Устойчивость штабелей металла обеспечивается установкой прочных

металлических стоек. При использовании стоек-стеллажей высота штабелей может быть увеличена на 2 м.

Отходы и окалину необходимо хранить в таре или в специально отведенном месте с бетонным или металлическим полом и убирать не реже одного раза в месяц. Место хранения отходов должно быть ограждено сплошным металлическим или железобетонным ограждением высотой 0,5 м.

Скорость передвижения по цеху для транспорта должна быть не более 5 км/ч, а при въезде в узкие или загроможденные места – не более 3 км/ч.

Эксплуатация электропечей должна осуществляться согласно «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Для защиты от теплового потока возле боковых стенок печей устанавливают экраны на высоту не менее 2,5 м, охлаждаемые проточной водой, с отверстиями против смотровых и рабочих окон печи. У стенки печей со стороны горелок располагают асбестовые экраны на металлическом каркасе или многослойные экраны из листового алюминия.

Специалисты, работающие в прокатных цехах, должны обеспечиваться специальной обувью, спецодеждой и предохранительными приспособлениями согласно типовым отраслевым нормам.

В соответствии со СНиП 11–92–76 и ОНТП 01–82 персонал разделяется на группы санитарной характеристики производственных процессов.

При ведении технологических процессов на МНЛЗ выделяются вредные, токсичные вещества и газы, которые должны быть локализованы, обезврежены, очищены цехом до предельно допустимых норм до выброса или слива в окружающую среду.



Цех обеспечивает эффективную работу очистных сооружений (ОНУПС – отделение непрерывной утилизации промышленных стоков), систем газоочисток и пылеулавливания и контроля степени загрязнения сточных вод и воздуха.

Цех не допускает соединения сетей хозяйственного питьевого водопровода, с сетями водопровода подающего воду технического качества (ХОВ30, ХОВ70). Осуществляет постоянный контроль над состоянием питьевой воды и канализацией согласно Федерального Закона 116-ФЗ от 21.07.97., СНИП и ПБ 11–493–02. – Общих правил безопасности для металлургических и коксохимических предприятий и производств.

К выполнению прокатных работ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр. Один раз в год проводится повторный медицинский осмотр. Работающие, которым по роду выполняемой работы необходимо иметь дело с перемещением грузов грузоподъемными машинами, должны быть обучены смежной специальности стропальщика в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качество поверхности горячекатаных листов и полос оказывает существенное влияние на их служебные свойства. Качество поверхности оценивается по наличию дефектов, загрязненности и величине шероховатости поверхности.

Основными показателями качества металла являются: химический состав; микро- и макроструктура; основные и технологические свойства; размеры, геометрия и качество поверхности металлопродукции. Требования к качеству металла и продукции оговорены в национальных стандартах, технических условиях фирм (предприятий) или отдельных соглашениях между потребителем и поставщиком. Качество металла и надежные методы определения его основных показателей являются главными в технологической цепи производства.

Практика работы показала, что на качество высокоточного горячекатаного металла влияет не столько сама максимальная величина поперечной разнотолщинности, сколько ее распределение по ширине листа, то есть профиль подката. Даже в пределах допустимой поперечной разнотолщинности клиновидный профиль подката крайне нежелателен, так как, во – первых, приводит к извилистости и серповидности полос, а во – вторых, способствует порывам по месту сварных швов. Поэтому стабильность и симметричность профиля подката не менее важна, чем его поперечная разнотолщинность. Поэтому и было решено установить гидроцилиндр на стане 1700 для более точной и быстрой настройки зазора между валков.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булыжев Е.М. и др. Прокатка листового металла. Часть 1. Техника и технология холодной (горячей) прокатки листового металла. Учебное пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2009. - 186 с.
2. ОАО «Челябинский металлургический комбинат», Настройка стана 2300/1700, Технологическая инструкция, ТИ-ГЛ-2-2008
3. Предупреждение дефектов листового проката. В. Л. Мазур, А. И. Добронравов, П. П. Чернов. Техника, 1986 г.
4. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. - 4-е изд., стереотипное, перепечатка со второго издания 1982 г. - М: «Издательский дом Альянс», 2010. - 423 с.: ил.
5. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов.- 4-е изд.-М.: «Машиностроение»,1977.
6. Экология и безопасность жизнедеятельности. Кривошеин Д.А., Муравей Л.А. и др. М.: 2000. - 447 с.