Содержание

Введение

1. Современное состояние и перспективы развития производства горячекатанной листовой стали.
2. Технология производства стана трио-Лаута 2850

2. Анализ технологических схем производства толстого листа

3. Новая технологическая схема прокатки

4. Выбор оборудования прокатного стана

4.1 Рабочая клеть

4.2 Правильная машина

4.3 Ножницы торцевой резки

5. Разработка технологии прокатки

6. Расчет режимов обжатий

7. Расчет энергосиловых параметров прокатки

8. Расчет элементов конструкции клети кварто «2800»

8.1 Расчет рабочего валка на прочность

8.2 Профилировка рабочих валков

8.3 Расчет на прочность станины клети кварто «2800»

9. Методы контроля и управления качеством продукции

Список использованных источников

Введение

В последнее время во всем мире получило широкое развитие производство высококачественного прокатного листа. Развивается направление увеличения массы сляба, повышения скорости прокатки, получения наиболее широкого сортамента полос, рост производительности стана.

Целью данной выпускной квалификационной работы являются мероприятия по расширению сортамента стана «2850» горячей прокатки в условиях ЛПЦ-1 ПАО АМЗ. Для достижения этой цели рассмотрим такие мероприятия как постепенный переход производства на стан «2800», замена устаревшей ролико-правильной машины и торцевых гильотиновых ножниц на более мощные и подходящие.

Прокатка это основной вид обработки металлов давлением. Примерно три четверти стали, получаемой на металлургических заводах, обрабатывается на профилей, труб. Главным отличием от других методов обработки металлов давлением (прессования, штамповки, ковки) является то, что деформация металла производится непрерывно-вращающимися валками, что делает процесс прокатки наиболее высокопроизводительным. Полосы и листы, различные трубы и профили – основные исходные продукты в строительстве, машиностроении, а так же прочих отраслях экономики.

1. Современное состояние и перспективы развития производства горячекатанной листовой стали.

Развитие широкополосовых станов горячей прокатки идет в направлении увеличения массы слябов, повышения скорости прокатки, получения более широкого сортамента полос, роста производительности и повышения требований к качеству готовой продукции, области применения которой все время расширяются.

Кроме того, широкополосные станы должны отвечать высокому уровню механизации и комплексной автоматизации работ.

В конце семидесятых годов масса рулонов, приходящихся на 1 мм ширины полосы, составляла 6-10 кг, а сейчас этот параметр достиг 25кг/мм. Сортамент расширяется за счет толщины листа от 1,2 мм до 25 мм и имеет возможность увеличения этого диапазаона до 0,8 -25мм.

До недавнего времени горячекатанная полоса применялась главным образом, в качестве подката для производства холоднокатанной тонколистовой стали, жести и т.п.

А сейчас она применяется для холодной прокатки, в трубном и других производствах, затрагивающих многие сферы нашей жизни.

Увеличение массы слябов и расширение сортамента привели к изменению состава и расположению оборудования.

Состав, расположение оборудования и конструкция современного широкополосного стана учитывают также технологические требования при прокатке толстых, тонких, особо тонких полос. Обычно к тонким горячекатанным полосам относят полосы толщиной 1,6-2 мм, а к особо тонким – полосы менее 1,6 мм.

Для горячей прокатки широкополосовой стали в рулонах применяют следующие прокатные станы:

1) непрерывные широкополосовые станы с длиной бочки валков от 1420-1450 до 2285-2500 мм (с двумя группами клетей – последовательной черновой и непрерывной чистовой), это самые высокоскоростные (до 20-30 м/с) и высокопроизводительные (до 3,5-6 млн.т/год) станы для производства горячекатанной листовой продукции в рулонах;
2) полунепрерывные широкополосовые станы с длиной бочки валков в чистовой группе клетей от 800-1200 до 2700-3050 мм, чаще всего 1700-2000 мм (с одной или двумя

реверсивными черновыми клетями и непрерывной черновой группой клетей). Эти станы менее производительны (до 2-2,5 млн.т/год), чем непрерывные. Скорость прокатки достигает 10-20 м/с. На этих станах получают как полосовую продукцию в рулонах, так и листовую мерной длины;

3) реверсивные широкополосные станы с моталками в печах (температура в печи около 1000° С). Эти станы применяются для горячей прокатки тонких полос из электротехнических сталей (динамной и трансформаторной), содержащих 2-3,5% Si.

Для горячей прокатки относительной узкой полосы (400-1000мм) толщиной 1-4 мм применяют иногда планетарные станы, на которых заготовки обжимают многочисленными рабочими (планетарными) валками, вращающимися вместе со своими боковыми сепараторными кольцами вокруг приводных опорных валков. Заготовка толщиной до 100 мм прокатывается каждой парой планетарных валков с очень небольшим обжатием (0,3-0,5 мм), однако в результате суммарной деформации металла многими парами валков общее обжатие может достигать 90-95% при вытяжке равной 10-20.

Наибольшее распространение получили первые два типа станов. Основное различие их между собой в составе оборудования черновой группы. Непрерывный широкополосовой стан, кроме вертикального и горизонтального окалиноломателей, имеет одну реверсивную универсальную клеть.

1. Технология производства и анализ стана трио- 2850

Стан «2850» был запущен в эксплуатацию в 1950 году. К 2019 году стан морально и физически устарел по отношению к числу лучших современных толстолистовых станов по составу оборудования и технологическому процессу.

Все оборудование стана расположено в двух пролетах - на двух линиях прокатки. Схема расположения основного оборудования представлена на рис. 1.1

В состав стана входят три нагревательные методические печи, правильная роликовая машина, гильотинные ножницы для обрезки торцовых частей, двое ножниц для обрезки боковых кромок и карман для готовой продукции со сбрасывающим устройством [3]. 3.1 Исходным материалом для прокатки листов служат слябы, получаемые с мартеновского цеха отлитые на МНЛЗ.

К прокатке на стане «2850» допускаются слябы размером 180-240×900-1600×1200-1700 мм. Слябы, поступающие с мартеновского цеха длиной свыше 1700 мм до 6800 мм включительно, необходимо резать на мерные длины.

Рассмотрим сортамент текущего стана

На толстолистовом стане «2850» прокатывают листы толщиной от 8 до 30 (50) мм, шириной от 1500 до 2000 мм и длиной не более 9000 мм в обрезном виде:

- из углеродистой стали обыкновенного качества по ГОСТ 14637 с химическим составом по ГОСТ 380 (Ст3сп, Ст5сп…).

- из конструкционной качественной стали по ГОСТ 1577 с химическим составом по ГОСТ 1050 (10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 60).

- из углеродистой стали для котлов и сосудов, работающих под давлением по ГОСТ 5520 и ТУ 14-1-3922.

- стали легированные конструкционные с химическим составом по ГОСТ 4543 (50Г, 20Х, 40Х, 25ХГСА, 30ХГСА, и др.)

- из низколегированных марок стали с химическим составом по ГОСТ 19281 (09Г2С,17ГС, 16ГС,17Г1С, 10ХСНД и др.)

- прокат стальной для судостроения по ГОСТ 5521 и ТУ 14-123-147 (А, В, Д, Д-32 и др.)

- из других марок стали по НТД согласованной с заказчиком.

Предельные отклонения листов по геометрическим размерам и отклонение от плоскостности должны отвечать требованиям ГОСТ 19903.

Прокатка слябов производится на стане трио Лаута "2850". Стан имеет следующие технические характеристики:

- привод стана осуществляется от электродвигателей мощностью 2000 и 2300 кВт;
- уравновешивание верхнего и среднего валков – гидравлическое;
- максимальный зазор между валками - 600 мм;
- максимальное допустимое усилие, приложенное к валкам – 1200 тс;
- конструкция столов - подъемно-качающиеся;
- длина стола - 6570 мм;
- время подъема стола - 2 секунды;
- диаметр верхнего и нижнего валков - 910 мм;
- длина бочки - 2850 мм;
- диаметр шейки - 640 мм;
- длина шейки - 695 мм;
- диаметр среднего валка – 650 мм;
- длина бочки - 2850 мм;
- диаметр шейки - 400 мм;
- длина шейки - 710 мм;
- материал валков верхнего и среднего - чугун
- материал нижнего валка – сталь.

Предварительный сбив печной окалины с поверхности слябов перед задачей его в валки, производится гидросбивом, установленным на рольганге между печью № 1 и станом.

Дальнейшая очистка поверхности раскатов от окалины производится в процессе прокатки гидросбивом, установленным с задней стороны рабочей

клети. В случае отказа гидросбива в работе, разрешается убирать окалину с помощью технической метлы.

Во избежании холодных концов, что может привести к порче валков, при прокатке листов толщиной от 8 до 12 мм включительно, включение гидросбива производится кратковременно. В случае необходимости при прокатке толстых листов удаление окалины производится одновременно гидросбивом и метлой. Ответственный за качество поверхности несет старший вальцовщик. При обнаружении неисправности гидросбива операторы ставят в известность мастера, который должен организовать удаление окалины метлой.

Температура начала прокатки определяется после удаления окалины, т.е. после второго - четвертого пропуска. Температура начала прокатки 1160-1180^{0}С, которая обеспечивается температурой нагрева металла в

печи и выборочно контролируется при помощи переносного автоматического пирометра ОППИР-017.

Непрогретые, а также остывшие слябы к прокатке не допускаются.

Температурой конца прокатки слябов, должна быть не выше 1000^{0}С но не ниже 850^{0}С.

Для сталей с контролируемой прокаткой не выше 800-850^{0}С (09Г2С и Д32).

Температура конца прокатки считается температура в последнем пропуске перед проглаживанием.

Понижение температуры конца достигается путем выдерживанием раската на рольганге; понижением скорости прокатки; равномерным поливанием раската водой; пропускание раската между валками без обжатий.

В процессе 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 должна быть не более 30^0 С.

Прокатка листов ведется по следующей схеме: первые 2 прохода сляб пропускается продольно, затем раскат задается в валки под углом 10-20 градусов и прокатывают таким образом до получения необходимой ширины

будущего листа. После получения нужной ширины прокатка ведется вдоль продольной оси. При этом положение раската периодически фиксируется линейками. Расчет энергосиловых параметров представлен в таблице 3.

Таблица 1 ЭСП ПРОКАТКИ СЛЯБА 240х1500 мм

(лист размером 8х2000мм)

№ прохода	**H_0 мм**	**H_1 мм**	**ΔH мм**	**Относ.обж., %**	**Ширина мм**	**Длина мм**	**Темп-ра °С**	**Давл-е, тн**	**Момент т*м**
1-вдоль	240	220	20	8,3	1517	1348	1198,5	903,7	101,9
2 кантовка	220	190	30	13,6	1535	1543	1197,3	533,0	68,3
3-на угол	190	160	30	15,8	1740	1543	1196,0	613,0	78,5
4 -«-	160	132	28	17,5	1863	1543	1194,3	774,5	90,7
5 -«-	132	109	23	17,4	1994	1543	1192,3	809,5	85,4
6 -«-	109	90	19	17,4	2134	1543	1189,9	850,2	80,9
7-«-	90	72	18	16,5	2134	2336	1186,6	819,1	76,6
8 кантовка	72	58	14	19,4	2134	2900	1182,2	895,6	70,6
9 вдоль	58	47	11	19,0	2134	3579	1176,3	864,2	60,2
10	47	38,5	9	18,1	2134	4369	1168,7	822,4	50,3
11	38,5	31	8	19,5	2134	5427	1158,4	869,7	48,9
12	31	25	6	19,4	2134	6729	1144,4	866,1	43,2
13	25	20	5	20,0	2134	8411	1125,2	898,5	40,2
14	20	16	4	20,0	2134	10514	1098,9	914,6	36,2
15	16	13	3	13,0	2134	12940	1064,1	893,2	30,6

16	13,0	10,5	3	10,5	2134	16021	1018,2	965,6	29,6
17	10,5	9,0	1,5	9,0	2134	18691	964,5	801,4	19,8
18 прогл.	9,0	8,5	0,5	8,5	2134	19791	911,5	381,9	6,4
19 -«-	9	8,0	0,5	8,0	2134	21028	858,9	450,6	7,4

При прокатке слябов в поперечном направлении запрещается задавать раскат на "ребро" при толщине более 100 мм.

Запрещается при прокатке раската превышать максимально допустимое давление.

Срез шпилек при задаче раската на ребро считается нарушением технологической инструкции.

Во избежание получения разнотолщинности по кромкам листа в последних 2-3 пропусках раскат должен задаваться в валки строго по оси прокатки. Если все-таки кромки листа имеют значительную разницу по толщине, необходимо установить причину, которая может происходить от недостаточного и неравномерного прогрева металла; осадки подшипников; неравномерного износа стального валка и неравномерной и глубокой зачистки слябов.

Старший вальцовщик контролирует длину и ширину раскатов. В случае недостаточности длины для получения листов заданных размеров выясняются возможные причины:

- ошибка в фабрикации или посаде (несоответствие размеров слябов маркировке или большая глубокая зачистка);

- большой припуск по ширине на кромки;

- прокатка с большими плюсовыми допусками.

Проанализировав существующую технологию прокатки горячего листа на стане трио «2850», можно сделать вывод, что оборудование морально и физически устарело и не отвечает современным требованиям

производительности. За счет более современного оборудования можно достичь улучшения качества получаемой продукции и расширения марочного сортамента

Стан 2850 имеет ряд существенных недостатков, которые не должны допускаться при проектировании нового толстолистового стана.

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 торцовой 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.

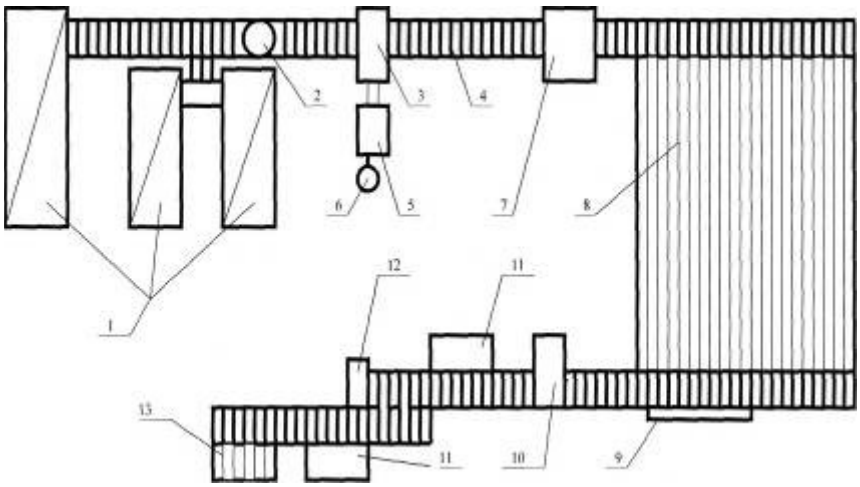

Рис. 1.1 Схема расположения основного оборудования на стане трио «2850»:

1-методические печи №1,2,3; 2-поворотный механизм; 3-прокатная клеть с подьемно-качающими столами; 4-рольганг; 5-шестеренная клеть; 6-электродвигатели; 7-правильная машина; 7-инспекторские столы №1,2; 9-разметочная машина; 10-гильотинные ножницы; 11-боковые ножницы; 12-клеймовочная машина; 13-листоукладчик.

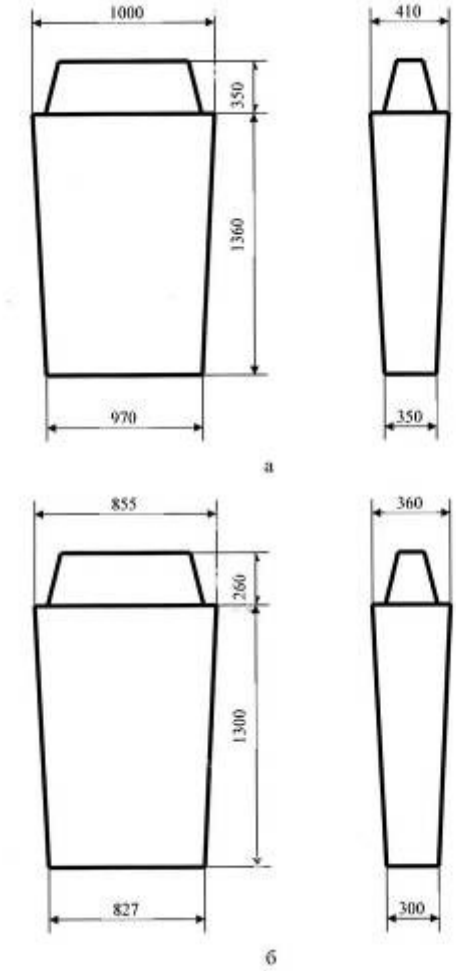

рис. 1.2 Основные размеры слитков: а- слиток 1-го типа, б- слиток 5-го типа.

Рассмотрим недостатки существующего оборудования.

Рабочая клеть стана "2850". Подъемно-качающиеся столы (далее ПКС) имеют большую массу, что приводит к использованию мощного и сложного оборудования. Непосредственно 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 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 условие труда и технику безопасности рабочего и ремонтного персонала.

2. Анализ технологических схем производства толстого листа

Толстолистовые станы развиваются по пути изменения числа клетей от одно клетьевых к многоклетьевым- уменьшения толщины прокатываемых листов. Толстолистовые станы в свою очередь по числу клетей подразделяются на одно-, двух-, трех-, и четырехклетьевые.

Наиболее распространенные для прокатки толстолистовой стали- двухклетьевые станы с расположением рабочих клетей друг за другом. В этом случаем первая клеть является черновой, а вторая- чистовой.

Производительность таких станов больше производительности одноклетьевых. Листы получаются более лучшего качества, потому что чистовая клеть работает на подкате, очищенном от окалины в черновой клети. Также, при прокатке листовой стали в черновой и чистовой клетях увеличивается продолжительность службы валков и, в свою очередь, уменьшается число их перевалок [2].

Теперь рассмотрим различные существующие технологические схемы производства толстого листа на примере стали марки 18Х12Н10Т.

В качестве примера рассмотрим одноклетьевой стан дуо «3500» (рис.2.1) предназначен для прокатки листов толщиной от 12 до 120 мм, шириной от 1200 до 3000 мм и длинной до 12000 мм из слитков массой 4,7...7,4 т. Валки

диаметром 1200мм приводятся во вращение от двух электродвигателей мощностью 2680 кВт каждый через шестеренную клеть и редуктор.

Для нагрева слитков или подкатов установлены семь печей камерного типа с выдвижным подом, перед клетью расположен механический окалиноломатель. Прокатная клеть оборудована кантователями и манипуляторами. На линии потока раската готового профиля установлены гильотинные и дисковые (кромкообрезные) ножницы, роликовая правильная машина.

Текущий технологический процесс прокатки на этом стане следующий. Нагретые до необходимой температуры прокатки слитки из печей подают краном на стан. Непосредственно перед приемным рольгангом стана находится механический окалиносбиватель с цепями.Далее клещами крана горячий слиток подвозят к окалиносбивателю, который цепями снизу сбивает поверхностный слой окалины на нем. Затем слиток подают к клети и прокатывают при одновременном удалении окалины с его верхней поверхности.

Прокатку производят за несколько проходов по длине слитка для снятия конусности, далее в поперечном направлении до получения необходимой ширины. Уже после этого лист прокатывается до конечной толщины только по длине раската. В первых двух-четырех проходах процесс прокатки для снятия конусности осуществляют при обжатиях по 20 мм. За один проход, при прокатке в поперечном направлении (10-16 проходов) за один проход обжимают лист на 13-15 мм, в остальных 20-25 проходах при продольной прокатке обжатия за один проход принимают в пределах 5-9 мм; последние два прохода стремятся осуществить при обжатиях не более 2-3 мм, чтобы уменьшить разнотолщиность готового листа.

После этого полученный раскат поступает к гильотинным ножницам, которые осуществляют рез головной и донной частей листа. Затем в потоке раскат (толщиной до 60 мм) подвергают правке. Далее раскат поступает к дисковым ножницам, которые осуществляют рез кромок.

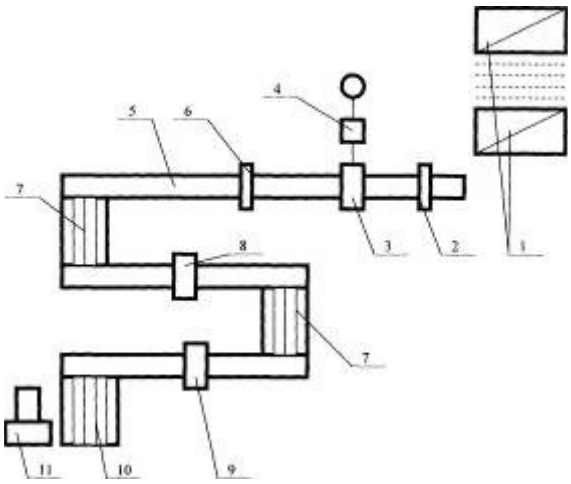

Рис.2.1. Схема расположения оборудования толстолистового стана «3500»: 1- нагревательные печи; 2- механический окалиноломатель; 3- прокатная клеть; 4- шестереная клеть; 5- рольганг; 6- ножницы поперечной резки; 7- шлепперы; 8-правильная машина; 9- дисковые ножницы; 10- карманы готовой продукции; 11- ножницы для порезки бракованных листов.

Наличие поверхностных и внутренних дефектов листа контролируют на складе готовой продукции при помощи ультразвукового дефектоскопа [4].

Рассмотрим недостатки стана «3500»: отсутствие рольганга между печами и окалиносбивателем; для порезки головной и донной части листа применяются гильотинные ножницы.

Теперь рассмотрим трехклетьевой стан 2800 (рис.2.2) предназначен для прокатки листовой стали толщинойот 8 до 100 мм, шириной 2500 мм и длиной до 20 м. Исходным материалом являются слябы толщиной 125-250 мм, шириной 700-1600 мм, длинной 2500-6000 мм и массой до 12 т. Слябы нагреваются в трех трехзонных методических печах с торцевой посадкой и выдачей.

Стан имеет клеть с вертикальными валками диаметром 1000 мм, длинной бочки 700 мм, с нижним приводом от электродвигателя мощностью 850 кВт с числом оборотов 0-70-120 в минуту.

При этом в качестве черновой клети применена дуо-реверсивная клеть с валками диаметром 1150 мм и длиной бочки 2800 мм. Каждый валок этой клети приводится во вращение от отдельного электродвигателя постоянного тока мощностью 2950 кВт с числом оборотов в минуту 0-30-60 со стороны входа и выхода клети установлены манипуляторы для правильной задачи раската в валки. Клеть также оборудована устройством для удаления

окалины с поверхности прокатываемой полосы водой под давлением (гидросбив).

Чистовая клеть стана «2800» является универсальной клетью кварто. Непосредственно с передней стороны клети расположены два вертикальных валка для обработки боковых кромок, что, в свою очередь, снижает отходы при обрезке боковых кромок прокатных листов. Размеры горизонтальных валков: диаметр рабочих 800 мм, опорных 1400 мм, длина бочки 2800 мм. Рабочие валки приводятся во вращение от электродвигателя постоянного тока мощностью 7360 кВт, числом оборотов в минуту 0-80-160 через зубчатую муфту удлиненного типа, шестеренную клеть и универсальные шпиндели.

Валки вращаются в роликовых конических подшипниках. Верхний рабочий и верхний опорный валки уравновешиваются гидравлическими плунжерами, расположенными в подушках валков. Вертикальные валки имеют следующие размеры: диаметр 700мм, длина бочки 1500 мм. Они приводятся во вращение от двух вертикальных электродвигателей мощностью 200 кВт каждый через цилиндрический редуктор. Валки смонтированы в роликовых подшипниках, расположенных в каретках, которые передвигаются при помощи нажимных механизмов.

Теперь рассмотрим технологический процесс прокатки стали 18Х12Н10Т на трех клетьевом стане 2800. Слябы или слитки, поступающие на склад, осматривают и подвергают огневой зачистке для удаления поверхностных дефектов. Далее они поступают в нагревательные печи, в которых их уже укладывают в определенном порядке по размерам печи. Затем нагретые слябы подают к первой клети, где осуществляют их обжатие в поперечном направлении. Величину обжатия принимают из расчета нарушения сплошности окалины, которую удаляют с помощью гидросбива. Кроме разрушения и удаления окалины, в первой клети задают ширину сляба с таким расчетом, чтобы при прокатке его во второй клети в поперечном направлении ширина готового листа была бы обеспечена без больших отклонений от нужного размера. Периодическая прокатка раската с обжатием в вертикальных валках обеспечивает получение хорошей кромки. Во второй клети первоначально осуществляют поперечную прокатку сляба (3-5 проходов) до получения номинальной ширины листа плюс припуск (120-160) на обрезку кромок. Затем раскат поворачивают в горизонтальной плоскости на 90° с помощью поворотного рольганга, центрируют

манипуляторами линейками и задают в валки этой клети для прокатки листа только в поперечном направлении.

Далее, после чистовой универсальной клети готовые листы поступают к машине горячей правки. Отсюда с помощью шлепперов и двух секционных стеллажей, оборудованных транспортерными цепями роликового типа, листы передают на другую линию потока металла. В начале второй линии установлены инспекторские столы, где листы охлаждаются и происходит контроль качества прокатанного листа. Инспекторский стол оборудован кантователем листов, который осуществляет его поворот на 180° в вертикальной плоскости. На линии рольганга установлены разметочный стол и гильотинные ножницы с манипуляторами для поперечной резки листа. Далее толстолистовую сталь на дисковых ножницах продольной резки режут на окончательные размеры и передают на склад готовой продукции для последующей термообработки [2].

Основной недостаток рассмотренной схемы прокатки листа заключаются в том, что для порезки листа применяются ножницы гильотинного типа.

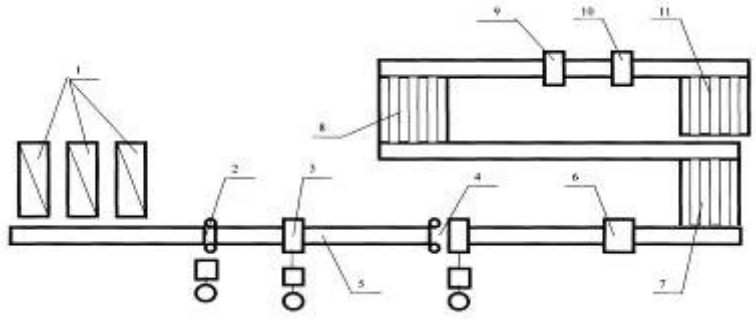

Рис.2.2 План расположения оборудования трехклетьевого толстолистового стана «2800»:

1- нагревательные печи; 2- клеть с вертикальными валками; 3- черновая двухвалковая реверсивная клеть; 4- чистовая универсальная четырехвалковая клеть; 5- рольганг; 6- правильная машина; 7- шлеппер; 8- кантователь; 9- ножницы с наклонными ножами; 10- дисковые ножницы; 11- листоукладчик.

3. Предлагаемая технологическая схема прокатки

Предлагаемая технологическая схема прокатки листа 17х2100 мм из стали 18Х12Н10Т в условиях ЛПЦ-1 ПАО «АМЗ», аналогична схеме прокатки, описанной в пункте 1 (рис. 1.1). Выбранная схема прокатки отличается тем, что вместо нереверсивного трехвалкового стана «2850» будет установлен четырехвалковыи реверсивный стан «2800», на котором можно осуществлять прокатку более широкого числа марок сталей и профилеразмеров.

Операция нагрева остается прежней, а процессы правки и порезки листов после прокатки на стане 2800 будут производить на более современных и производительных агрегатах, в отличие от текущих на стане 2850.

Таблица 2. Технические характеристики стана 2800

Наименование	Условное	Значение
	обозначение	

Длина бочки	мм	2800
Диаметр опорных валков	мм	1800
Диаметр шейки опорного валка	мм	1200
Длина шейки опорного валка	мм	1620
Диаметр рабочих валков	мм	1000
Диаметр шейки рабочего валка	мм	670
Длина шейки рабочего валка	мм	900
Максимальное давление		
металла на валки	мн	154

Для увеличения производительности по выпуску сутунки, а также для повышения безопасности труда на участке листоотделки, необходимо перенести участок по порезке сутунки в IV пролет цеха.

Сортамент расчетный

2.1.Сортамент для расчета производительности стана

2.1.1. Размерный расчетный сортамент :

- по толщине листов

Диапазон толщин заданный, мм	5 – 11	12– 14	15 – 22	23 – 30	31 – 50	51 – 70
Толщина расчетная, мм	7	12	17	25	40	60

- по ширине листов

Заданный диапазон ширин, мм	1500 - 2500		
Расчетный диапазон ширин, мм	1500 - 1800	1801 - 2200	2201 - 2500
Ширина расчетная, мм	1500	2000	2350

2.1.2. Расчетные марки стали*)

Группы марок стали		Расчетная марка стали
№	Наименование	
1	Низколегированные (ГОСТ 19281) и судостроительные (ГОСТ Р 52927)	$\sigma_в$ (500 – 610): 17Г1С $\sigma_в$ (590 – 730):08Г2СФБ
2	Углеродистые качественные (ГОСТ 1577)	45
3	Легированные (ГОСТ 4543)	30ХГСА
4	Углеродистые обыкновенного качества (ГОСТ14637)	Ст3сп

Основные особенности технологии

Двухстадийность прокатки

При производстве листов с заданными свойствами по технологии контролируемой прокатки, требующей соблюдения определенного температурного режима деформации , а именно, относительно низких температур начала чистовой прокатки (см. раздел 4), прокатку выполняют партиями.

Число слябов(раскатов) в партии рассчитывается в функции требуемой температуры начала чистовой прокатки , протяженности раскатных рольгангов (байпаса), длины раската после черновой прокатки.

Изложенное определяет первую особенность технологии, которая заключается в ее двухстадийности. Схема работы универсальной клети в двухстадийном режиме показана на рис. 4.

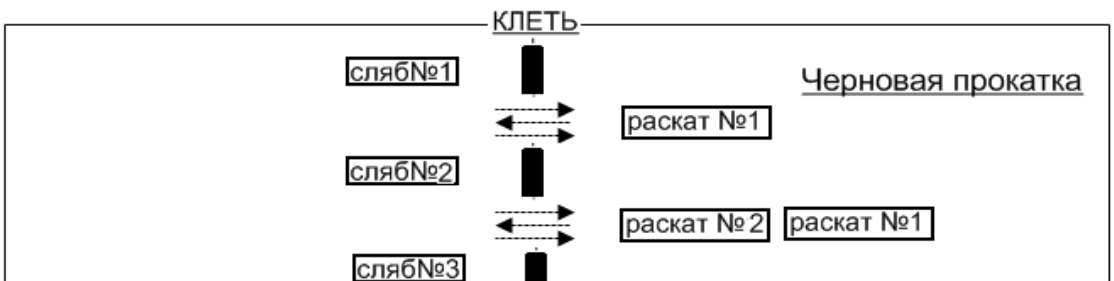

Рис.4. Схема работы универсальной клети в двухстадийном режиме

На первой стадии выполняется черновая прокатка всей партии слябов, а подкаты для чистовой прокатки размещают на рольганге за универсальной клетью . После завершения черновой прокатки выдерживается время, необходимое для снижения температуры первого раската в партии до требуемой температуры начала чистовой прокатки. В процессе выдержки все слябы партии передаются на рольганги перед универсальной клетью. *На этапе накопления раскатов на рольгангах за универсальной клетью и этапе их выдержки на рольгангах перед универсальной клетью эти рольганги выполняют функцию байпаса.*

На второй стадии , которая начинается с момента снижения температуры первого сляба до заданной, последовательно , начиная с первого подката, выполняется чистовая прокатка подкатов всей партии.

Двустадийность процесса иллюстрирует циклограмма прокатки листа 12х2350х30000мм , приведенная на рис.5.

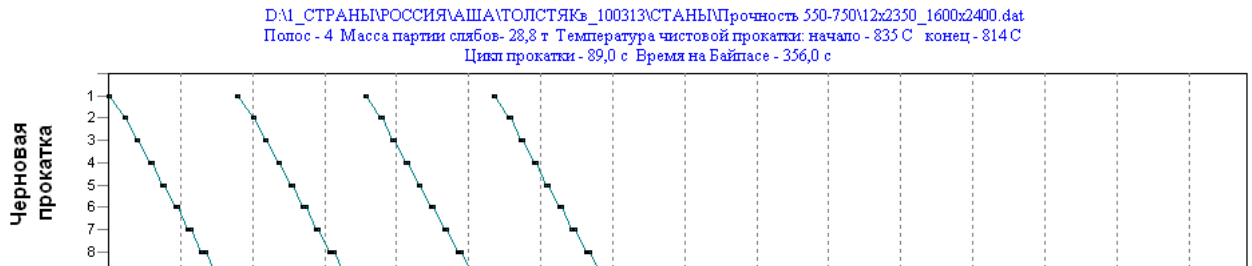

Рис. 5. Циклограмма прокатки листа 12х2350х30000мм

В рассматриваемом примере число слябов (раскатов) в партии равно четырем. Последовательно каждый из четырех слябов прокатывают до заданной толщины подката для чистовой прокатки и передают на рольганг за универсальной клетью.

После завершения черновой прокатки слябов всей партии (после окончания первой стадии прокатки) слябы всей партии одновременно перемещают на рольганги перед универсальной клетью и начинают чистовую прокатку с первого сляба партии.

Число полос в партии и циклы черновой и чистовой прокатки рассчитаны таким образом, чтобы за время черновой прокатки раскатов всей партии и время их передачи на рольганг перед универсальной клетью температура первого раската понизилась до заданной температуры начала чистовой прокатки в этой же клети (в нашем примере - до 835^0C).

Загрузка слябов в печи

Слябы загружают в печь таким образом, чтобы:

- при двухрядном посаде их ширина (размер относительно МНЛЗ), которая в нашем случае равна 1600мм, была параллельна поперечной оси печи;
- при однорядном посаде – ширина слябов параллельна продольной оси печи.

Схемы прокатки

Особенность схем прокатки заключается в том, что формирование ширины листа обеспечивается операцией «разбивка ширины» и деформацией в вертикальных валках универсальной клети, что позволяет получать раскат конечной толщины с допуском на ширину, равным (15 -20) мм. Суммарное уменьшение ширины раската в вертикальных валках составляет (50 -70)мм без потери производительности.

Листы шириной (1500 - 1600)мм прокатываются преимущественно без разбивки ширины.

Другой особенностью технологии является возможность применения *сдвоенной прокатки*, суть которой заключается в следующем.

После выдачи из печи слябы парами передают к универсальной клети, где, при необходимости, поочередно кантуют, а затем прокатывают при заданных, но равных для обоих слябов, растворах валков. Сдвоенная прокатка в два раза уменьшает число реверсов и как следствие :

- повышает производительность стана;
- снижает динамические нагрузки на оборудование;

Кантовка раскатов при разбивке ширины в условиях сдвоенной прокатки выполняется последовательно.

Промежуточное охлаждение

Предусмотрена возможность ускоренного принудительного охлаждения (УПО) раската после окончания черновой прокатки, что способствует:

- уменьшению числа раскатов, одновременно находящихся в линии стана;
- повышению производительности за счет снижения времени охлаждения раскатов перед чистовой прокаткой;
- повышению качества готовых листов за счет:

- стабилизации и уменьшения размеров аустенитного зерна;

- снижения окалинообразования.

Термообработка в потоке стана

Агрегат термоупрочнения позволяет с прокатного нагрева выполнять все технологически необходимые режимы термической обработки (см.рис.2) вплоть до закалки и закалки с самоотпуском.

Процесс прямой закалки с самоотпуском предусматривает прекращение охлаждения водой после снижения температуры подповерхностных слоев листа в температурную область мартенсита. Прекращение подачи воды приводит к разогреву переохлажденных подповерхностных участков за счет тепла внутренних слоев до температуры отпуска. В качестве примера, один из возможных вариантов процесса закалки с самоотпуском показан на с.6. Распределение твердости по сечению листа, для условий примера на рис.6, показано на с.7.

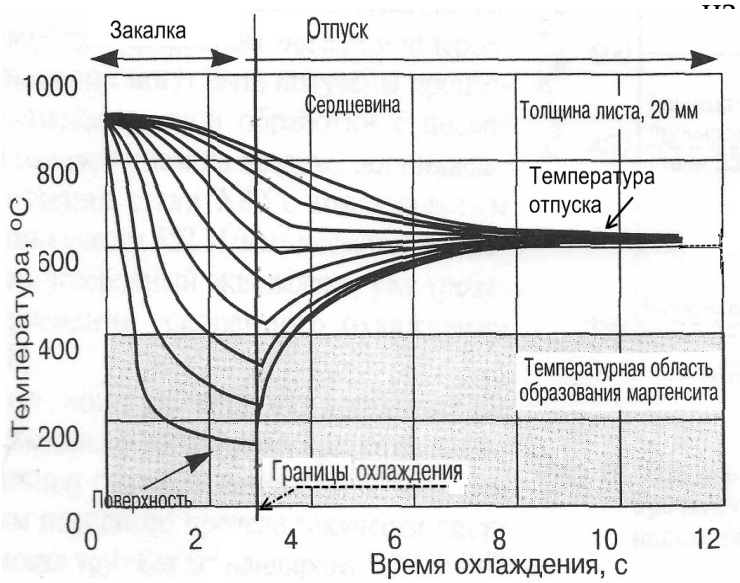

Рис.6. Моделирование распределения температуры по слоям толщины листа [1]

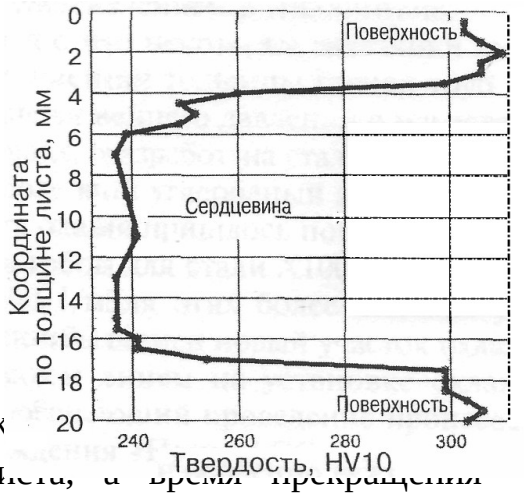

Рис.7. Распределение твердости по толщине листа [1]

Толщина подповерхностных переохлаж условия требуемых свойств по сечению листа, а время прекращения охлаждения рассчитывается по условию выхода на необходимую температуру отпуска.

В рассматриваемом примере толщина закаленного слоя составила примерно 3,5мм при толщине листа 20мм. Микроструктура закаленного слоя – отпущенный пластинчатый мартенсит, средних по толщине участков – феррито – перлитная.

4. Выбор оборудования прокатного стана

4.1 Рабочая клеть

Для реконструкции стана «2850» выбираем оборудование с учетом расширения марочного сортамента и повышения качества готового проката.

Предлагается заменить стан трио «2850» горячей прокатки станом кварто «2800», который включает в себя энджерную и рабочую клети.

Основные технические характеристики стана «2800»

Прокатные валки приводятся во вращение со скоростью 0-40-80 об/мин через шестеренную клеть с передаточным числом 5 от электродвигателя мощностью 7360 кВт и числом оборотов 0-200-400 об/мин.

Рабочие валки двухслойные чугунные с отбеленным слоем, с твердостью по Шору 70 единиц. Опорные валки произведены из стали 9ХФ с твердостью по Шору 45 единиц. Материал и технические характеристики валков должны соответствовать ОСТ 24.0П.04-90Е и ТУ 14-120-28-93.

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

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

Рабочая клеть оборудована нажимным механизмом комбинированного гидромеханического типа [5].

4.2 Правильная машина

Сейчас листоправильная машина имеет 7 горизонтально расположенных роликов, с диаметром ролика 360 мм. Эта листоправильная машина имеет низкую жесткость, из-за чего снижается качество обработки и точность правки.

Предлагается заменить существующую листоправильную машину на 7-роликовую листоправильную машину конструкции УЗТМ(рис.4.1)

Данная машина предназначена для горячей правки толстых листов ширина которых составляет до 2600 мм и толщиной до 50 мм.

В машине предусмотрено пять приводных рабочих роликов 2 диаметром 400 мм(два средний вверху и три внизу): верхние крайние ролики 4 диаметром 450 мм неприводные и предназначены для правильного направления металла и устранения общей кривизны выходного листа; ролики перемещаются

независимо в вертикальном направлении с помощью нажимных винтов. Для уменьшения прогиба рабочих роликов к ним заранее 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[6].

Определение усилий на ролики при правке листа [7].

Контактное напряжение на роликах:

$$\sigma_{\text{кон}} = 0{,}418\sqrt{\frac{PE}{bR}\cdot\sigma_т}, \quad (4.1)$$

где b - ширина листа, мм;

R - радиус ролика, мм;

E - модуль упругости материала валка;

$\sigma_т$ - предел текучести материала листа, подвергаемого правке, МПа;

P - максимальное давление на ролик, кН.

$$P = 2\sigma_т \frac{h^2}{t}, \quad (4.2)$$

P =2,478МН.

Мощность и крутящий момент на всех роликах (кроме первого и последнего, которые не изгибают полосу) при правке полосы со скоростью v определим по формулам:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\sigma_т^2}{2E}\cdot vbhk_{\text{дв}} \quad (4.3)$$

$N_{\text{дв}} = 42{,}7$ êÂò;

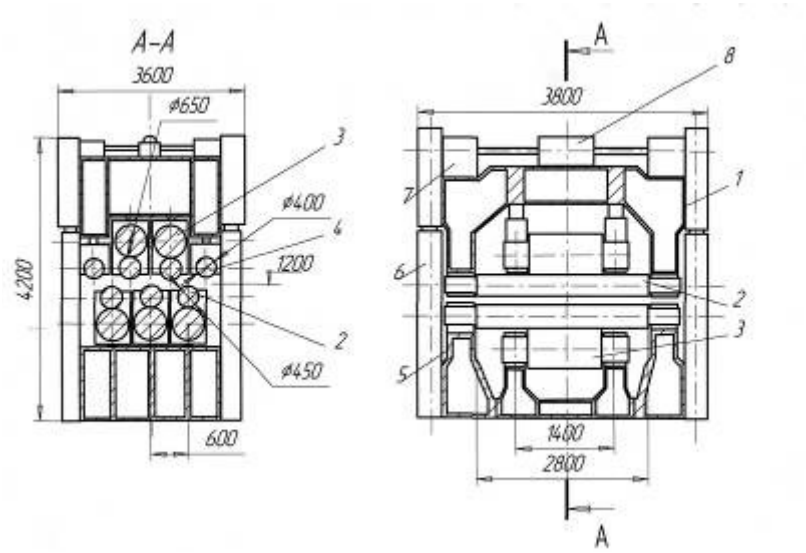

Рис.4.1 Листоправильная 7-роликовая машина 50х2600мм для горячей правки толстых листов:

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.

$$M_{\text{[illegible]}} = \frac{\sigma_{\text{[illegible]}}^{2}}{4\text{Å}} \square bhDk_{\text{[illegible]}}, \quad (4.4)$$

где $k_{\text{[illegible]}}$ - результирующий (суммарный) коэффициент пластической деформации при правке полосы

$$k_{\text{[illegible]}} \text{[illegible]} k_2^2 \text{[illegible]} (1-k_2) + k_2(n-3) \text{[illegible]}, \quad (4.5)$$

здесь $k_2 = 0,8 - 0,9$ - коэффициент проникновения пластической деформации под вторым роликом.

$$\grave{I}_{\text{[illegible]}} = 0,287\, \hat{e}\acute{I}\ \grave{i}\ .$$

При определении электродвигателя для привода правильной машины, кроме мощности деформации пластического изгиба (формула 4.4), необходимо учесть потери мощности на трение в подшипниках $N_{\text{[illegible]}}$ и мощность трения качения роликов по полосе $N_{\text{[illegible]}}$ для п роликов, а также η – к.п.д. редуктора шестеренной клети, имеющихся в линии привода машины:

$$N_{\text{[illegible]}} = \left(N_{\text{[illegible]}} + N_{\text{[illegible]}} + N_{\text{[illegible]}} \right) \square \frac{1}{\eta}. \quad (4.6)$$

Потерь мощности на трение в подшипниках всех n рабочих роликов:

$$N_{\text{ïîä}} = \grave{I}_{\text{ïîä}} \cdot \omega = Đ\mu \frac{d\omega}{2} \quad (4.7)$$

$N_{\text{ïîä}}$ =87,3 кВт;

где μ- коэффициент трения в подшипниковых опорах роликов; для роликовых подшипников μ=0,005;

d — диаметр трения в подшипниковых опорах;

ω- угловая скорость вращения роликов.

Мощность трения качения роликов по полосе:

$$N_{\text{ïîä}} = \grave{I}_{\text{ïîä}} \cdot \omega = Đò\,\omega, \quad (4.8)$$

$N_{\text{ïîä}} = 75{,}8\ \hat{e}\hat{A}ò$;

где m- коэффициент трения качения; с учетом возможного

проскальзывания между роликами и полосой следует принимать m=0,8... 1 мм для стальной полосы.

$N_{\text{ïîä}} = 205{,}8\ \hat{e}\hat{A}ò$.

Вывод: правильная машина даннного типа для правки листа толщиной от 8 до 50 мм и шириной до 2600 мм подходит для проектируемого стана полностью.

4.3Ножницы торцевой резки

Ножницы торцевой резки рекомендуется заменить на ножницы с катящимся резом для поперечной резки листового проката конструкции ОАО "КО ВНИИМЕТМАШ" (Россия, Санкт-Петербург) (рис.4.2).

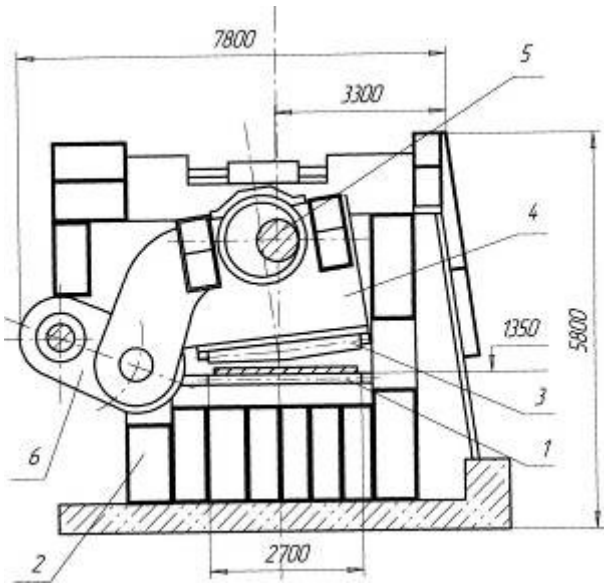

Рис.4.2. Ножницы бесшатунные однокривошипные с катящимся резом 1 - нижний нож; 2- станина; 3- верхний нож; 4- суппорт; 5- ксцентриковый вал; 6- коромысло.

Высокое качество резки без деформации кромок листа обеспечивается незначительным изменением малого угла резания и минимальным, но 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, что, в свою очередь, позволяет уменьшить величину холостого хода иснизить устанавливаемую мощность привода на 15-29% , что позволит повысить экономию электроэнергии.

Основные характеристики ножниц приведены в табл. 4.2

Основные характеристики ножниц Таблица 4.2

Наименование	Условное	Значение
	обозначение	
Разрезаемый лист:		
толщина	мм	4...50
ширина	мм	До 2500

Усилие резания	кН	9000
Число ходов в минуту		15
Угол резания	град	2,67...3,0
Мощность привода	кВт	2х400
Температура резки	°С	<700

Основные характеристики ножниц Таблица 4.2

Для измерения длины отрезаемых листов и их точной остановки, ножницы оснащены системой безупорного останова.

5. Разработка технологии прокатки

Основной заготовкой для производства листа марки 18Х12Н10Т размером 17х2020 являются слябы и слитки (рис. 1.2 а, б.).

Слитки поставляются открытыми вагонами МПС в сопровождении отвесной, где указывается номер плавки, марка стали по ГОСТ 380-94, количество и тип слитков, химический анализ стали, количество неполноценных слитков (недоливки, слитки с поясами и т. д.).

Слитки маркируются светлой краской, в маркировке содержится номер плавки, марка стали.

Слябы поставляются открытыми вагонами МПС в сопровождении железнодорожной накладной с других заводов.

Порезка слябов на заготовки производится в соответствии с наряд -заданием. Каждая заготовка маркируется номером плавки и маркой стали.

Нагрев металла перед прокаткой

Посадка слябов и слитков в нагревательные печи производится поплавочно в соответствии с наряд-заданием. Контролёр ОТК следит за правильностью учёта всада слитков, времени посадки. За время посадки принимается время захода металла под заслонку печи. Перед посадкой в нагревательные печи все слитки очищаются от грязи и мусора метлой или струей сжатого воздуха. Разделение плавок при посадке производится наложением металлической переложки на первый слиток плавки в каждом ряду. Проталкивание слитков производится после правильной укладки их на посадочной площадке.

Нагревательные печи № 1и 2 - методические, двухрядные, трехзонные, с нижним подогревом, с торцевой загрузкой и боковой выдачей;

полезная площадь пода, кв. м. -97,4;

длина активного пода, м. -28,0;

количество горелок, шт.-11.

Нагревательная печь № 3 - методическая, двухрядная, пятизонная, с торцевой загрузкой и боковой выдачей;

полезная площадь пода печи, кв. м. -120;

длина активного пода, м. -34,5;

количество горелок, шт -13.

Режим нагрева:

Топливо: смесь воздуха и природного газа.

Температурный режим печей и время нагрева представлены в табл. 5.1, 5.2, 5.3.

Таблица 5.1

Температурный режим по зонам при работе на природном газе

Наименование показателей	№ печи	Зоны			
		I томильная	II сварочная (верх)	III сварочная (низ)	IV методическая (боковая)
Температура среды по зонам при нагреве металла, ^{0}C	1, 2	1300 - 1320	1300 - 1330	1290 - 1330	1150 - 1210
	3	1300 - 1320	1310 - 1340	1310 - 1340	1000 - 1200

Таблица 5.2

Температурный режим по зонам при работе на мазуте

Наименование показателей	№ печи	Зоны				
		1	2	3	4	5
Температура среды по зонам при нагреве металла, ^{0}C	1, 2	1250-1300	1300-1330	1310-1340	1000-1150	1200-1250
	3	1280-1300	1300-1330	1310-1340	-	
Расход мазута, кг/ч	1, 2	300-450	600-800	600-1000	240-400	-
	3	600-650	600-800	до 1000	-	800
Расход воздуха на горение, м^3/ч	1, 2	4500-6000	4500-6000	9500-12000	2800-6000	-
	3	7200	8400	12000	-	12000
Примечания 1 Разрешается при нагреве слябов в методических печах подачу мазута в IV зону прекращать. 2 Температура отходящих газов во всех случаях должна быть не выше 900^{0}C.						

Таблица 5.3

Продолжительность нагрева слитков и слябов

Марка стали	Тип слитка	Толщина слитка, сляба, мм	Масса, кг	Температура слитка перед посадкой, °С	Продолжительность нагрева не менее. час. мин.	
					Печь № 3	Печь № 1, 2
Слитки спокойной стали	I	410	3850	менее 400	4 - 30	5 - 00
				400 и более	4 - 10	4 - 40
	V	360	2800	менее 400	4 - 00	4 - 20
				400 и более	3 - 35	3 - 55
Слябы		170 - 250	до 3800		см. примечания п. 1	
Примечания 1 Нагрев слябов производится с удельной продолжительностью 0,8-0,9 мин/мм. Максимальная продолжительность нагрева соответствует более тяжелым слябам (толщиной 200 мм и более). 2 Температура металла на выдаче 1220-1260 ^{0}C. 3 При посадке сборной плавки учет времени нагрева по часам производится как для одной плавки.						

Продвижение металла в печи производится однорядными реечными толкателями с усилием равным 200 тонн. Выдача слитков осуществляется выталкивателем с усилием равным 12 тонн.

Контроль теплового режима печей осуществляется радиационными пирометрами ТЕРА-50 и электронными потенциометрами КСПЭ-П, предел измерения от 700С до 1500 С, цена деления 20 С. Давление в печи контролируется тягонапорометром ТММП-12, предел измерения от 0-0,6 кПа (0 до 60 кгс/м), цена деления 10 Па -1,0 кгс/м) и напорометром НБП-52, предел измерения от 0 до 1 кПа, цена деления 0,1 кПа [3].

Прокатка листов

После нагрева слитки или слябы выдают на поворотный стол, который находится между, а далее перевозят на приводной рольганг, подающий металл непосредственно к прокатной клети. Поступившие слитки после снятия конусности раскатывают до получения необходимой ширины, а затем раскатывают в длину.

Температура начала прокатки определяется только после удаления окалины, т. е. после второго - шестого пропуска и должна быть не менее, чем 1150 °С. Непрогретые либо остывшие слитки к прокатке не допускаются. Температурой конца прокатки считается температура в последнем пропуске перед проглаживанием [2]. Чтобы на нижней стороне листа не образовывались проводки рабочих валков должны быть подобраны по высоте. Все неровности проводок всегда зачищаются наждачным камнем.

В процессе прокатки происходит непрерывное охлаждение валков водой. Количество подаваемой воды должно регулироваться старшим вальцовщиком в зависимости от длины листов, а также темпа. Очистка поверхности раската от окалины производится в процессе прокатки гидросбивом с задней стороны рабочей клети.

Схема прокатки листов слудующая: первые 2-4 прохода - для снятия конусности и уплотнения литой структуры, далее раскат задается в валки под углом 90° и прокатывается таким образом до получения нужной ширины будущего листа. После получения необходимой ширины прокатка ведется вдоль прокатной оси. При всем этом положение раската периодически фиксируется линейками. Поворот раската в горизонтальной плоскости на столах производится при помощи конических роликов [4].

Отделка листов

Настройка правильной машины производится по циферблату непосредственно на каждую толщину листа. Загнутые края листов перед подачей в машину должны выправляться. Для избежания образования

вмятин при правке, не допускается подача в машину листов с неочищенной поверхностью.

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

На разметочной машине производится разметка листов по заказу с учётом температурной усадки металла. При разметке листов правая кромка размечается, а величина обрези с левой кромки определяется периодически проверкой ширины необрезного листа:

- ход тележки разметочной машины- 16 м;
- ход линейки - 1800 мм;
- скорость тележки -0,5м/с.

Торцевая обрезь листов, прокатанных из слябов, определяется из условия полного удаления заката. Определение механических свойств металлопроката производится неразрушающим методом контроля на листах по ТИ 123-1 П. ГЛ-5-95 или испытанием образцов в условиях центральной заводской лаборатории. Не допускается отбор проб от листов с наличием дефектов поверхности:, плен, рисок, , вкатов посторонних предметов, пузырей, вмятин[3].

Каждый лист клеймится на клеймовочной машине. Клеймо наносится на расстоянии не более 200мм от конца листа. Знак клейма включает:

товарный знак изготовителя;

- номер бригады;
- марку стали;
- номер плавки;
- номер партии;
- толщину листа;
- знак ТМ (поставка по теоретической массе).

Порезка сутунки

Далее, после листоотделки листы транспортируются на передаточной тележке на участок порезки сутунки расположенный в IV пролете цеха.

На гидравлических ножницах листы непосредственно режутся на карточки заданного размера и складываются в пакеты (в данном случае 17х260х1010мм). Масса пакета не более 3т.

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

Готовый пакет поступает при помощи электромагнитного крана на склад готовой продукции, где происходит взвешивание пакетов. После приемки продукции ОТК и оформления сопроводительных документов пакеты отгружаются в листопрокатный цех №2.

Требования к заготовке и готовому прокату

Химический состав стали 18Х12Н10Т,% (ГОСТ5632-72) приведен в табл. 5.4

Таблица 5.4

Химический состав стали 18Х12Н10Т

Элемент	C	Si	Мп	Сг	Ni	Си	P	S	N
%	0,10-	0,6-	1,9-	17,0-	0,9-	не более			
	0,12	0,8	2,0	19,0	1,0	0,3	0,08	0,04	0,008

Сталь 18Х12Н10Т относится к аустенитной нержавеющей стали, обладает низким пределом текучести (205 Н\мм2), умеренной прочностью, высокой пластичностью и хорошей коррозионной стойкостью в кислых средах [8].

Качество готового проката принимается по ГОСТ 19903-74 (геометрическое соответствие листов), ГОСТ 26877-91 (планшетность листов, их волнистость и коробоватость), ГОСТ 65007-90 (замеры по толщине с допусками), ГОСТ 166-89 (замеры трещин и волосовин щупом их глубины). При приемке

слитков и готового проката должны отсутствовать следующие дефекты, которые приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Основные дефекты исходной заготовки и готовой продукции

Дефекты заготовки	Дефекты готовой продукции
11.трещины (продольные и	1.пережег (дефект нагрева)
поперечные);	2.вкат;
2.плены (образуются при отливке	3.карабоватость листа;
слитка);	4.риска;
3.песочины;	5.волосовина;
4.пузыри - вздутия;	6.отпечаток;
5.рванины (по кромкам);	7.заусенец (не более 2 мм);
6. шамот;	8.зуб (не более 2 мм);
7.расслой;	9.гармошка.
8.пояс;	
9.увеличенной прибыли;	
10.путец.	

После прокатки готовый лист режется на карточки имеющие размеры 17х260х1010 мм.

6. Расчет режимов обжатий

При расчете обжатий на станах всех типов, прокатывающих слитки или слябы, в качестве отправного критерия принимается прочность валков. Это в первую очередь относится к станам прокатывающим толстолистовую сталь и снабженным электродвигателями, обычно с достаточно высокой мощностью, что определяет большие возможности для осуществления высоких обжатий. Но эти возможности ограничиваются прочностью прокатных валков.

Для четырех валковых клетей для расчета обжатий принимают условие прочности бочки опорных валков [9].

Приняв общий допускаемый износ валков равным 10%, то расчетный диаметр опорного валка составит:

$$D_{\text{ш}} = 0,9 D, \quad (6.1)$$

$$D_{\text{ш}} = 0,9 \cdot 800 = 1620 \text{ мм}.$$

Возьмем за основу диаметр валков и примем условие равнопрочности бочки и шейки валков. Тогда величина абсолютного обжатия будет равна:

$$\Delta h_{\max} = \frac{0,32 D^2 [\sigma_{\text{изг}}]^2}{(L + l - 0,5B) pB}, \quad (6.2)$$

где $[\sigma_{\text{изг}}]$ - допускаемое напряжение на изгиб;

D - диаметр рабочих валков;

B - ширина раската;

L - длина бочки валка;

l - длина шейки валка;

P - удельное давление.

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

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

Для чугунных валков принимаем допускаемое напряжение на изгиб $[\sigma_{из}]$=80 МПа.[11]

Определение максимального обжатия по приведенному уравнению весьма затруднено, ведь в знаменатель входит величина удельного давления, что в свою очередь зависит от обжатия.

Таким образом определение максимального обжатия, основанного на прочности валков, может сводится только к двум вариантам: или предварительно задаются средней величиной удельного давления, согласно практическим данным, или задаются условной величиной обжатия, а по ней находят удельное давление, которое затем корректируют. Последний вариант более сложен и требует двойных расчетов, но, при этом, получаются более точные результаты.

Примем среднее значение удельного давления раздельно для прокатки поперек и вдоль с учетом толщины раската. Настоящее значение средних удельных давлений для толстолистовых станов при нормальной температуре прокатки и толщине прокатываемой полосы 60... 150 мм можно принять в пределах 55...80 МПа, для меньших толщин 80... 120 МПа.[7]

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

При этом общий коэффициент высотной деформации слитка:

$$\frac{1}{\eta_{\text{ii}}} = \frac{H}{h_k}, \quad (6.3)$$

$$\frac{1}{\eta_{\text{ii}}} = 2,2$$

где H - начальная толщина заготовки;

h_k - конечная толщина в поперечном направлении.

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

$$h_k = \frac{H}{\eta_{\text{ii}}}, \quad (6.4)$$

h_k =186 ì ì .

Общее обжатие при этом составит

$\Delta h_x = H - h_x$, (6.5)

Δh_x=410-186=224 мм.

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

Δh = 224-17=207 мм.

Определим предельную величину обжатия за один проход в продольном направлении при снятии конусности слитка. Для расчетов принимаем удельное давление p=60 МПа [11]:

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

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

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

Теперь определим возможные обжатия при прокатке раската в продольном направлении, когда толщина раската будет изменятся от 186 мм до 17мм. В продольном направлении, при p= 120 МПа [11]:

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

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

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

h_{i0} мм 350 , h_{i1} мм 320 , Δh мм 1034 .

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

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

$$Д_{расч} = 0,9 \cdot D, \quad (7.1)$$

$Д_{расч}$ =900мм.

Найдем окружную скорость валков по формуле [10]

$$v_в = \frac{П \cdot Д_{расч} \cdot n}{60}, \quad (7.2) \quad v_в = 4,2 \frac{м}{с}.$$

Найдем длину дуги захвата металла валками по формуле [10]

$$l = \sqrt{\Delta h \cdot R} \quad (7.3)$$

l мм 122,5 .

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

Δh мм 30 ,

Определим угол захвата полосы [10]

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

$$\alpha_0 = 0,24 \, град$$

Определим уширение по формуле А.П. Чекмарева [10]

$$\Delta b = \frac{2 \Delta h \cdot b_0}{(h_0 + h_1) \cdot \left[\frac{b_0}{2 \cdot \alpha_0} \right]} \quad (7.5)$$

где Δb -уширение полосы;

при $b_0 \cdot R_{\alpha_0} n = 1;$

при $b_1 \square R_{\alpha_0} n = 2$.

$R_{\alpha_0} = 120$ і і .

Определим ширину полосу на выходе: [10]

$b_1 = b_2 + \Delta b$

b_1мм1029 .

Для определения длины полосы найдем коэффициент вытяжки. Так как при прокатки уширение полосы незначительно, то можно воспользоваться формулой [10]

$$\lambda = \frac{h_1}{h_2}, \quad (7.7)$$

$\lambda = 1.08$,

$l_1 = \lambda \square l_2$

l_1мм2130 .

Для определение коэффициента трения при прокатке воспользуемся формулой С. Экелундра с поправками Б.М. Бахтинова.

Определим f при прокатке в чугунных валках

$$f = K_p \blacklozenge \blacklozenge \blacklozenge \blacklozenge \blacklozenge \left(1,05 - 0,0005 \blacklozenge\right) \quad (7.9)$$

где: K_p-значение коэффициента зависит от материала валков (Кр=0,8 для чугунных валков) [9]

K_v=0,95.

Значение $K_{\blacksquare}$- коэффициента, учитывающий влияние скорости валков (скорости прокатки) на коэффициент трения, принимаем согласно табл.24 [10]

$K_{\blacksquare} = 1.45$.

$f = 0.52$.

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

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

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

$$t_1 = t_{i-1} - \left(\left(\frac{1000}{\left(t_{i-1}/100\right)^3}\right)^{\frac{1}{3}} + 0.055\left(\frac{z^{-1}}{h_1}\right) - 273 - \frac{500}{\left(h_1 v\right)}\right),$$

(7.10)

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

где t — температура в анализируемом проходе, °С;

to - температура в предыдущем проходе, °С;

h - толщина прокатываемой полосы в предыдущем проходе, мм;

z - время прохода с последующей паузой, сек.

Находим степень деформации

$$\varepsilon_1 = \frac{h_2 - h_1}{h_2},$$ (7.11)

$\varepsilon_1 = 0.086.$

Логарифмическая степень деформации

$$\varepsilon_1 = \ln\frac{h_2}{h_1},$$ (7.12)

$\varepsilon_1 = 0.09.$

Определим количество проходов:

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda_{ср}};$$

Где n – число проходов;

λ_0 – суммарная вытяжка;

λ_c – средняя вытяжка.

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

Так как стан реверсивный, то число проходов нечетное, таким образом принимаем число проходов n=25.

7. Расчет энергосиловых параметров

Произведем расчет энергосиловых параметров (ЭСП) для 3-го прохода, так как в первых двух проходах происходит снятие конусности слитка.

Среднюю скорость деформации рассчитываем по формуле А. И. Целикова

$$U_c = 0.105 \cdot \varepsilon_{max} \cdot \sqrt{\varepsilon \frac{R_в}{h_0}}, \quad (7.13)$$

$$U_c = 2.94 \ \frac{1}{c}.$$

Находим сопротивление деформации

$$\sigma_{sc} = k_0 \cdot \varepsilon_c^{k_1} \cdot \varepsilon_1^{k_2} \cdot e^{-k_j \cdot t},$$

$$\sigma_{sc} = 67,19 \ МПа.$$

где kj - термомеханические коэффициенты, определяемые для каждой марки стали экспериментальны, для стали 18Х12Н10Т k_0 =189,2 МПа.[12].

Коэффициент напряженного состояния $n\sigma$ определяется по методике Бровмана М. Я. [1]

$$\eta_\sigma = \begin{cases} 1, & при\ m \le 1; \\ 0,5\left(m + \frac{1}{m}\right) & при\ 1 < m < 2; \\ (0,75 + 0,25m) & при\ 2 \le m \le 4; \\ (1 + 0,25m) & при\ m > 4, \end{cases} \quad (7.15)$$

где $m = l / h_г$ - фактор формы;

m=0,37,

$\eta_\sigma = 1,00$

$h_г$ - средняя высота в очаге деформации, мм

$$h_г = \frac{h_2 + h_1}{2}, \quad (7.16)$$

$h_г$мм335 .

Расчет среднего удельного давления металла на валки выполняем по выражению

$$P_г = 1,15\eta_\sigma\sigma_{тг}, \quad (7.17)$$

$P_г$МПа82 .

Находим горизонтальную проекцию площади контакта металла с валками:

$$F = P_г \cdot b_г, \quad (7.18)$$

Fм 0.13 ^{2}.

где $b_г$ - средняя ширина металла в очаге деформации,

$$b_г = \frac{b_2 + b_1}{2}, \quad (7.19)$$

$b_г$мм1024 .

Определяем усилие прокатки:

$$P = p_г \cdot F, \quad (7.20)$$

$P = 10,3 МН$.

Находим момент на валках:

$M_{в} = 2$ [illegible] (7.21)

$M_{в} = 123$ êÍ □ì .

$\psi = \frac{1}{2-\varepsilon}$ [illegible] $-\varepsilon\left(\frac{e^{fm}}{e^{fm}-1} - \frac{1}{f\,\square m}\right)$ [illegible] (7.22)

$\psi = 0,488.$

Максимальный крутящий момент на валу электродвигателя:

$M_{\text{[illegible]}} = M_{\text{[illegible]}} + M_{\text{[illegible]}} +$ [illegible] (7.23)

Где Ì [illegible] - статический момент;

Ì [illegible] - динамический момент;

Ì [illegible] – момент холостого хода.

Момент трения в подшипниках валков

$M_{\text{[illegible]}} = P$ [illegible] (7.24)

где μ - коэффициент трения в подшипниках валков, принимаемый для подшипников с коническими роликами равным 0,004, жидкостного трения -0,003, скольжения с бронзовыми вкладышами - 0,07...0,1 то же с текстолитовыми вкладышами - 0,01...0,02;

$d_{в}$ - диаметр шейки валков.

$\mu = 0,01.$

$M_{\text{[illegible]}} = 29,5$ êÍ □ì .

КПД главной линии стана определяется потерями в шпинделях с муфтами и можно принять η=0,9

$M_{\text{[illegible]}} = \frac{M_{в} + M_{\text{[illegible]}}}{\eta\,\square i_{р}},$ (7.25)

$M_{\text{[illegible]}} = 156,54$ кН □м.

Момент холостого хода необходимый для привода главной линии прокатного стана во время паузы принимаем равным:

$$M_{хх} = (0,05...0,1) \cdot M_{в}, \quad (7.26)$$

$$M_{в} = 9,55\left(\frac{N_{в}}{n_{в}}\right), \quad (7.27)$$

$$M_{в} = 478,6\,кН \cdot м.$$

$$M_{хх} = 24,54.$$

Мощность на валу двигателя

$$N_{дв} = 0,105 \cdot \frac{N_{в}}{n_{в}} \cdot \frac{N_{в}}{n_{в}}, \quad (7.28)$$

$$N_{дв} = 2867,5\,кВт.$$

Расчёт энергосиловых параметров с использованием электронной вычислительной машины.

Расчет ЭСП прокатки в последующих проходах был выполнен по представленному выше алгоритму на ЭВМ с использованием программы электронные таблицы (Excel).

Результаты расчетов приведены в табл. 7.1. Диаграммы распределения относительного обжатия по проходам, изменения температуры, давления металла на валки, момента прокатки представлены в приложениях 1,2,3 и 4 соответственно.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при прокатке стали 12Х18Н10Т с назначенными обжатиями, энергосиловые параметры не превышают критических значений.

Таблица 7.1

Энергосиловые параметры прокатки слитка 410 × 1000 × 171 мм из стали 18Х12Н10Т

№ прохода	P, МН.	$M_{>В}$>, kНм.	$N_{>дв.}$> kВт.
1	2	3	4

1	9,51	113,9	2673,4
2	9,87	118,1	2765,1
3	10,28	122,8	2867,5
4	11,24	133,9	3110,8
5	11,02	119,9	2854,4
6	12,53	136,0	3213,3
7	14,45	156,4	3665,9
8	15,72	162,9	3843,0
9	17,79	179,7	4242,4
10	19,48	187,1	4457,7
11	19,89	180,8	4367,5
12	20,90	188,8	4558,1
13	22,12	198,3	4786,1
14	21,45	180,0	4432,2
15	20,80	162,0	4085,0
16	20,20	144,4	3746,2
17	19,45	12507	3381,4
18	18,19	104,3	2943,0

19	15,91	78,6	2378,7
20	12,09	49,0	1666,6
21	10,15	35,6	1335,7
22	7,45	21,6	953,5
23	8,17	23,4	1022,5
24	4,53	9,4	593,0
25	4,80	9,9	615,9

8. Расчет элементов конструкции клети прокатного стана кварто - 2800

8.1 Расчет рабочего валка на прочность

При расчете валок рассматривается как балка, опирающаяся на две опоры, с расстоянием между ними равным расстоянию между осями нажимных винтов (серединами шеек).

На прочность проверяют такие элементы валков клетей кварто: бочку на изгиб; приводную шейку на совместное действие изгиба и кручение. При расчете рабочего валка на прочность опорный валок с рабочим рассматриваются как единая система.

Расчет бочки рабочего валка на изгиб

$$\sigma_{изг} = \frac{P(L + l - 0,5B)}{0,4D^3}, \quad (8.1)$$

$\sigma_{кр} = 1,14 \dots$

где $\sigma_{изг}$-максимальное напряжение изгиба посередине бочки;

Р - давление металла на валки;

L - длинна бочки валка;

L - длинна шейки валка;

B - ширина раската;

D – диаметр валка.

Допустимое давление на валки:

$$P_{\text{ш}} = \frac{0,4 \cdot D^2 \cdot [\sigma_{\text{ш}}]}{L + l - 0,5 \cdot B}, \quad (8.2)$$

$[\sigma_{\text{ш}}] = 80$ - принимаем для стальных валков[12].

$P_{\text{ш}} = 2,4$ Ì Í .

Расчет шейки на совместное действие изгиба и кручение.

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{P \cdot l}{0,4 d_{\text{ш}}^3}, \quad (8.3)$$

$\sigma_{\text{ç}} = 0,67$ Ì Í .

где $\sigma_{\text{ç}}$ - максимальное напряжение изгиба шейки валка, кг/мм^2,

$d_{>ш}$ >- диаметр шейки валка, мм.

$$T_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{0,2 d_{\text{ш}}^3}, \quad (8.4)$$

$\grave{O}_{\text{ç}} = 7,8$ êā/ì ì ^{2}.

здесь $T_{\text{кр}}$ - напряжение кручение в шейке;

Мкр - крутящий момент валка;

Суммарное напряжение в шейке рабочего валка

$$\sigma_{\text{сум}} = \sqrt{\sigma_{\text{ш}} + T_{\text{кр}}}, \quad (8.5)$$

$\sigma_{\text{ш}} = 3,75$ êā/ì ì ^{2}.

$$\sigma_{\text{кр}} \leq \frac{[\sigma_{\text{ш}}]}{2}, \quad (8.6)$$

 16МН - допускаемое напряжение на кручение.

Вывод: рассчитанный на прочность рабочий валок отвечает всем требованиям прочности, предъявляемых для этого типа стана, которые предъявлены к данному рабочему валку для прокатки на стане «2800» кварто из марки стали 12Х18Н10Т размером 17х2020 мм.

8.2 Профилировка рабочих валков

Профилировка рабочих валков это придание их бочке определённой формы, чтобы в идеальном случае щель между валками при прокатке была с параллельными сторонами. При этом профиль бочки должен компенсировать прогиб и тепловую выпуклость валка. Так же профиль бочки должен компенсировать износ и обеспечить устойчивость раската при прокатке [1].

$$y = y_{max} + y_{изн} - y_{т}, \quad (8.7)$$

где у - суммарная выпуклость (или вогнутость) валков при шлифовке;

y_{max} - суммарный прогиб опорных и рабочих валков;

Δr - сплющивание рабочих валков в очаге деформации;

$y_{изн}$ - износ валков;

$y_{т}$ - суммарная тепловая выпуклость валков;

Прогиб валков

Прогиб валка можно компенсировать выпуклой профилировкой. Величина прогиба зависит от давления металла на валки, размеров валка и его материала. При расчете прогиба валок рассматривается как балка, лежащая на двух опорах и нагруженная равномерно распределенной нагрузкой на ширине листа. Прогиб валка можно компенсировать только выпуклой профилировкой.

$$y_{max} = \frac{n \cdot (L + l)^3}{18{,}8 \cdot \cdot^4}, \quad (8.8)$$

где y_{max} - максимальный прогиб валка, см.

P - полное давление металла на валки, кг.

D - диаметр валка, см.

L - длина бочки валка, см.

l - длина шейки валка, см.

E - модуль упругости (Юнга) материала валка, $E = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$.

N -коэффициент зависящий от ширины листа (раската) b, от отношения

b/L+l. N=6,8.

$y_{max} = 1,03$ см.

Вычисленный прогиб - это прогиб рабочего валка между опорами.

Упругое сплющивание валков

Упругое сплющивание валков можно определить, воспользовавшись схемой А.И.Целикова и пренебрегая упругой деформацией полосы (рис.8.2).

$$\Delta r = \frac{x_1^2}{2r}, \quad (8.9)$$

$$x_1 = \frac{8rp(1-\nu^2)}{\pi E}, \quad (8.10)$$

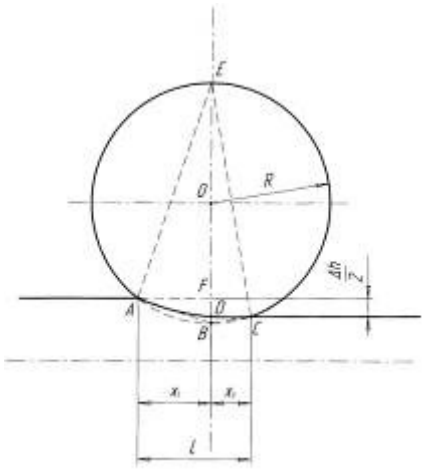

Рис. 8.2. Упругое сплющивание валков

здесь v - коэффициент Пуассона материала валков (модуль упругости второго рода для чугуна v=0,4);

E - модуль упругости первого рода;

r - радиус валка;

p - удельное давление металла на валки.

После подстановки в уравнение (8.10) значений E имеем:

$$x_0 = \frac{pr}{9500}, \quad (8.11)$$

$x_0 = 8$ мм.

$\Delta r = 0,064$ мм.

Тепловая выпуклость

Тепловая выпуклость должна компенсироваться вогнутой профилировкой или прогибом. Величина тепловой выпуклости валка по длине бочки зависит от его диаметра и разности температур между краями и серединой, которая, в свою очередь, зависит от ширины листа и охлаждения бочки и шеек.

Увеличение диаметра валка за счёт разности температур определяется по формуле:

$$y_т = \alpha \cdot d \cdot (t_ц - t_к), \quad (8.12)$$

где a - коэффициент линейного расширения материала валка при нагревании, $0,000012$ град$^{-1}$;

d- диаметр валка, мм;

$t_ц$ - температура середины бочки, 70 °C;

$t_к$ - температура краёв бочки, 30 °C

$y_т = 0,437$ мм.

Износ валков

Количественно рассчитать износ очень затруднительно, потому что он определяется очень многими факторами, так как его определяют практически путём замеров на прокатанном листе или самого валка.

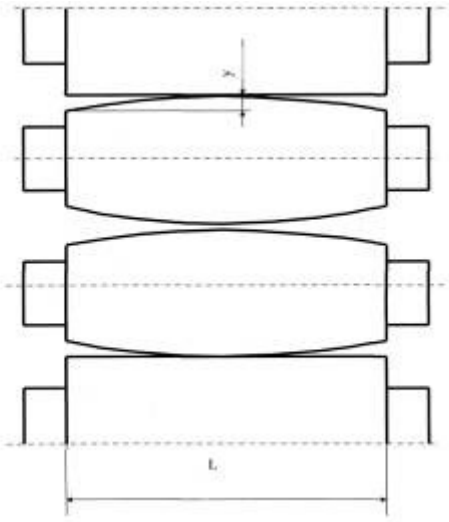

Рис.8.3. Профилировка рабочих валков.

Устойчивое положение раската в валках при прокатке возможно только в том случае, когда щель между валками будет иметь выпуклую форму. При этом раскат самоцентрируется из-за вынужденной утяжки металла, происходящей из-за неравномерности деформаций по ширине полосы.

После подстановки полученных данных в уравнение (8.7) получим, что профилировка рабочих валков будет иметь выпуклую форму (рис.8.3).

y= +0,3 мм.

8.3 Прочность станины прокатного стана кварто 2800

Станина рабочей клети является самой ответственной деталью прокатного стана. В ней расположены валки стана, производящие непосредственную деформацию металла при прокатке. Все давление металла на валки, возникающее при прокатке, отражается на станине. Поэтому при конструировании и изготовлению станин особое внимание уделяют ее прочности и жесткости.

В клети листопрокатного стана 2800 планируется применить станину закрытого типа. Она представляет собой литую массивную жесткую раму. В середине станины находятся окна для установки подушек валков. Внизу станины имеются приливы (лапы), при помощи которых ее устанавливают на плитовину и крепят болтами.

Расчёт станины на прочность произведем по методике, разработанной А. А. Королёвым. Станины рассчитываются на максимальное вертикальное усилие, действующее при прокатке на шейку валка. Горизонтальными усилиями, действующими на валки и станину в момент захвата, обычно

пренебрегают, потому как по сравнению с вертикальным усилием их величина малозначительна [11].

Для упрощения расчёта станину представляют в виде жесткой прямоугольной рамы, состоящей из двух одинаковых стоек и двух одинаковых поперечин (рис. 8.4).

Со стороны нижней подушки на нижнюю поперечину и со стороны нажимного винта на верхнюю поперечину станины действуют вертикальные силы Y, которые равны максимальному усилию, воспринимаемому шейкой валка при прокатке. В листовых станах это усилие равно ½ от максимального давления металла на валки

Y = P/2; (8.13)

где P- максимальное давление металла на валки.

Y =7,7 MH.

Под действием силы Y в углах жесткой рамы возникнут статически неопределимые моменты $M_{>0}$>. Эти моменты будут изгибать стойки внутрь окна станины, а поперечины - против действия сил Y. На рисунке показаны нейтральные линии сечений поперечин и стоек станины, проведённые через центры тяжести сечений, и их и вменение при деформации станины.

Каждая стойка станины растягивается под действием силы Y/2 и изгибается постоянным по всей высоте стойки моментом $M_{>0}$>. Напряжение растяжения в любом сечении по высоте стойки определиться:

$\sigma = (Y/2)/F_{2}$ (8.14)

где $F_{>2}$>— площадь сечения стойки станины;

$F2=(1...1,2)d^2$, (8.15)

здесь d- диаметр шейки валка.

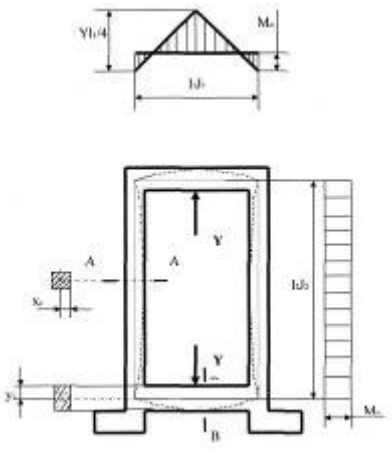

Рис. 8.4. Схема к расчёту станины закрытого типа F2= 0,869 м2,

$\sigma_{и}$ =73,2 МПа.

Под действием изгибающего момента $M_{>0>}$ наружная сторона стойки будет испытывать напряжение сжатия, а внутренняя - напряжение растяжения.

Определяем растягивающее напряжение от изгиба:

$\sigma_{и}$ =M0/W2, (8.16)

где $W_{>2>}$ - момент сопротивления сечения стойки.

Определяем момент инерции сечения стойки:

$J_{>2>}$=(B*H)3/12, (8.17)

$J_{>2>}$=0,026 м4.

Xc=0,44 м.

$W_{>2>}=J_{>2>}/x_{>2>}$ (8.18)

$W_{>2>}$=0,054 $м^3$.

Определяем момент инерции сечения поперечины:

$J_{>1>}$=0,06 $м^4$;

$y_{>c>}$=0,63 м.

Определяем момент сопротивления сечения поперечины:

$W_{>1>}$=0,l 06 $м^3$.

Определим статически неопределимый момент в углах рамы:

$M_{>0>} = (Y*l_{>1>}/4) *[l/(2 *(1 +l_{>2>}/l_{>1>} *J_{>1>}/J_{>2>}))]$, (8.19)

$M_{>0>}$=111,7 кНм.

Подставим значение $M_{>0>} W_{>2>}$ в формулу (6.3), получим

$\sigma_{\blacksquare}$ =81,35 МПа

Определим изгибающий момент в поперечине:

$M_{>n>}=(Y*l_{>1>}/4)-M_{>0>}$, (8.20)

$M_{>n>}$=1614,7 кНм.

Определим напряжение изгиба в середине поперечины:

$\sigma_1 = M_{\blacksquare} / W_{1,}$ (8.21)

σ_1 =15,18 МПа.

Определим напряжение растяжения в стойке станины:

$\sigma_2 =(Y/2 *F_{>2>}) + (M_{>0>}/W_{>2>})$, (8.22)

σ_2 =5,914 МПа.

Станина изготовлена стального углеродистого литья, содержащего 0,3% углерода и имеет предел прочности $\sigma_{\blacksquare}$ =50 Н/мм^2 [12].

Определим запас прочности станины

$n = \sigma_{\blacksquare} / \sigma_{max}$, (8.23)

n=33,15.

$n \square [n] = 10$

где $[n]$ - допустимый запас прочности станины.

Расчет на прочность станины выполняется.

9. Методы контроля и управления качеством продукции

Основные виды и причины брака проиходят из-за нарушения технологии нагрева, меры по устранению и предупреждению их приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1

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

Основные виды и причины брака металла и меры по их устранению и предупреждению

Контроль нагрева металла

При остановках стана нужно снизить температуру по зонам печи, чтобы не допустить перегрева и обезуглероживания металла. При остановке стана от 40 до 1 часа температура по зонам снижается на 50-100 °С; при остановке стана от 1 до 4 часов температура по зонам снижается на 20 -300 °С. Рабочая температура печи должна быть восстановлена за 30 - 60 мин. до начала прокатки в зависимости от массы слитка и продолжительности простоя стана (слитки V типа греть не менее 40 мин., слитки I типа не менее 50 мин.).

За работой горелок должно быть установлено постоянное наблюдение обслуживающего персонала, горелки должны работать равномерно, давая ровный факел. Факел должен быть светло- желтым, слегка коптящим. При засорении горелочных отверстий или закоксовании носика горелки, горелку следует прочистить или заменить.

Прокатка листов

Прокатка слитков и слябов производится на стане кварто "2800".

Замер температуры конца прокатки слитков и слябов производится с помощиью переносного ручного и стационарного автоматического пирометра ОППИР-017 ГОСТ 8335.

Температура начала прокатки определяется после удаления окалины, то есть после второго -четвёртого пропуска для углеродистых марок стали и после второго - шестого пропуска для конструкционных марок стали. Температура начала прокатки должна быть не менее 1180 °С и 1150 °С соответственно для слитков и слябов, что обеспечивается температурой нагрева металла в печи и контролируется с помощью переносного автоматического пирометра ОППИР-017. Непрогретые, а также остывшие слитки и слябы к прокатке не допускаются.

Температура конца прокатки слитков и слябов, должна быть не выше 1000°С но не ниже 900°С. Температура конца прокатки не ниже 850°С. Температура в последнем пропуске перед проглаживанием.

Температура конца прокатки замеряется выборочно на листах каждой плавки. Если плавка прокатывается на несколько профилей, замер температуры конца прокатки производится на каждом профиле листов.

В процессе прокатки валки непрерывно охлаждаются водой. Количество подаваемой воды должно регулироваться старшим вальцовщиком в зависимости от темпа прокатки и длины лис

тов. В случае перерывов в прокатке, в зависимости от их продолжительности, количество подаваемой воды для охлаждения валков сокращается или подача ее совсем прекращается. Температура оборотной воды должна быть не более 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. Во избежание образования холодных концов, что может привести к порче валков, при прокатке листов толщиной от 8 до 12 мм включительно, включение гидросбива производится кратковременно. 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.

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

Прокатка листов производится на минусовых допусках по толщине при этом необходимо учитывать: - выработку валков (таблица 11.2).

На протяжении смены производится периодическая проверка:

- выработки валков;
- ширины листов.

По мере необходимости производится проверка температурной усадки металла (таблица 11.3).

Таблица 11.2

Допускаемые отклонения по толщине листов и допускаемая выработка, мм

Тол-щина	Ширина листов							
	от 1000 до 1500 вкл.		от 1600 до 1700 вкл.		1800		от 1900 до 2000 вкл.	
	предель-ные от-клонения по толщи-не	выработка валков, не более	предель-ные от-клонения по толщи-не	выработка валков, не более	предель-ные откло-нения по толщине	выработка валков, не более	предель-ные от-клонения по тол-щине	выработка валков, не более
от 8 до 12 вкл.	0,3-(-0,8)	0,4	0,4- (-0,8)	0,45	0,4- (-0,8)	0,5	0,4- (-0,8)	0,6
от 13 до 25 вкл.	0,2-(-0,8)	0,4	0,3- (-0,8)	0,4	0,4- (-0,8)	0,5	0,6- (-0,8)	0,5
от 26 до 30 вкл.	0,2-(-0,9)	0,35	0,3- (-0,9)	0,35	0,4- (-0,9)	0,4	0,6- (-0,9)	0,45

Таблица 11.3

Припуски на температурную усадку по толщине листа при прокатке

Окончательная толщина листа, мм	Величина температурной усадки, не более, мм
10	0,10
15	0,15
20	0,20
25	0,27
30	0,35

Отделка листов

Все листы после прокатки проходят горячую правку на роликовой машине. Листы толщиной более 30 мм не правятся. Загнутые концы листов перед задачей в машину должны выправляться.

Во избежание образования вмятин при правке, не допускается задача в машину листов с загрязненной поверхностью.

Листы с дефектами: местные утолщения, складки, загнутые кромки,- править только после удаления последних.

После охлаждения контролер ОТК производит осмотр листов с обоих сторон, замеряет толщину листов с учетом температурной усадки согласно таблице 11.4 и отмечает дефектные места.

Таблица 11.4

Величина температурной усадки листов по толщине, мм

Толщина	Температура, ^{0}C	
	20 - 200 (справочное)	200 - 400 (справочное)
10	0,025	0,059
15	0,037	0,088
20	0,050	0,118
25	0,062	0,148
30	0,075	0,177
40	0,100	0,237
50	0,125	0,296
55	0,137	0,326
60	0,150	0,355
65	0,162	0,385
70	0,175	0,414
75	0,187	0,444
80	0,200	0,474
85	0,212	0,503
90	0,225	0,533
95	0,237	0,563
100	0,250	0,592

РАЗМЕТКА, ПОРЕЗКА, КЛЕЙМЕНИЕ И ЗАЧИСТКА ЛИСТОВ

Разметка листов под порезку производится на разметочной машине согласно заказу с учетом температурной усадки металла (см. таблицы 11.5, 11.6). При разметке листов правая кромка размечается, а величина обрези с левой кромки определяется периодически проверкой ширины не обрезного листа.

Таблица 11.5

Величина температурной усадки листов по ширине

Температура, ^{0}C (справочное)	Величина усадки при ширине листов, мм	
	св. 1600 до 1800 вкл.	св. 1800 до 2000 вкл.
св. 50 до 100 вкл.	до 1	до 2
св. 100 до 200 вкл.	до 4	до 5
св. 200 до 300 вкл.	до 6	до 7
св. 300 до 400 вкл.	до 8	до 9

Таблица 11.6

Величина температурной усадки листов по длине

Температура, ^{0}C (справочное)	Величина усадки при длине листов, мм					
	св. 2000 до 3000	св. 3000 до 4000	св. 4000 до 5000	св. 5000 до 6000	св. 6000 до 7000	св. 7000 до 8000
св 50 до 100 вкл.	до 2	до 3	до 5	до 6	до 7	до 9
св 100 до 200 вкл.	до 4	до 7	до 10	до 12	до 14	до 10
св 200 до 300 вкл.	до 7	до 11	до 14	до 18	до 22	до 26
св 300 до 400 вкл.	до 10	до 14	до 19	до 24	до 29	до 33

Разметка листов из слитков спокойной стали производится в таком порядке:

- при нормальной толщине раската в донной части разметка начинается с донной части;
- донная обрезь должна быть минимально необходимой при условии отсутствия закатов, расслоения и выхода листов по заказу;
- в случае выхода толщины донного конца раската за пределы минусового допуска разметка начинается с головной части раската;
- обрезка головной части раската производится по заплечикам;
- боковая обрезь для листов, прокатанных из слитков всех типов и слябов, должна быть минимальной, обеспечивать полное удаление кромочного заката, не менее 35 мм на сторону;
- длина боковой обрези должна быть не более 1700 - 1900 мм.

Отходы листов, образующиеся от вырезки дефектов длиной менее 2-х метров называются дополнительной обрезью и относятся на расходный коэффициент по производству толстого листа.

Торцевая обрезь листов, прокатанных из слябов, определяется из условия полного удаления заката. ,

Определение механических свойств металлопроката производится неразрушающим методом контроля на листах испытанием образцов в условиях центральной заводской лаборатории

Разметка образцов для механических испытаний в условиях центральной заводской лаборатории, производится контролером отдела технического контроля согласно ГОСТ 7564 и таблицам 13 и 14, причем образец на растяжение берется на расстоянии четверти ширины раската от центра его. Образец на испытание ударной вязкости берется рядом с образцом на расстояние, но в пределах зоны средней трети полуширины листа. Образцы для испытания на изгиб, макро и на величину зерна берутся рядом с разрывным и ударным образцами согласно рисунка 11.1. Для спектрального анализа отбирают 3 образца, у края, середины и середины 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.

При необходимости уточнения химического состава стали производится контроль в готовом листе. Метод отбора проб для определения химического

состава стали по ГОСТ 7565. Отбирают одну пробу от листа. Для характеристики химического состава плавки количество контрольных листов - 3. В случае поступления плавки с отметкой в отвесной "аварийная" контроль химического состава в готовом листе обязателен.

Порядок, количество и размеры проб, отбираемых от каждой партии плавки и листа, в зависимости от марки стали и назначения приводится в таблицах 11., предназначенном для сварных конструкций, массовая доля углерода не должна превышать 0,22 % согласно ГОСТ 14637. Для судостроительной стали отбирается на механические испытания один лист наибольшей толщины, входящий в партию. Вырезка проб производится от листов при температуре не выше 100 °С. Замер температуры производится визуально. Пробы от листов, прокатанные толщиной до 16 мм вырезаются в потоке (сырые). В случае, когда отбор проб производится огневой резкой, пробы отбираются с до пуском + 50 мм к размеру проб. На всей поверхности проб не должно быть "наплывов," образовавшихся в результате огневой резки.

После вырезки один комплект проб для механических испытаний направляется в механическую лабораторию. При получении плохих результатов по какому-либо показателю, по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве листов. При получении плохих результатов повторных испытаний допускается проводить сплошной контроль по показателям, по которым эти испытания не выдержаны. Допускаются применение неразрушающих, в том числе статистических методов контроля проката.

Каждый лист клеймится на клеймовочной машине в соответствии с ГОСТ 7566. Маркировка наносится на расстоянии не более 0,2 м от конца листа. Знак маркировки включает:

- товарный знак изготовителя, номер бригады;
- марку стали;
- номер плавки;
- номер партии;
- толщину листа;
- знак ТМ (поставка по теоретической массе);
- листы котельных марок стали, дополнительно маркируются присвоенным номером листа.

- Листы с необрезной кромкой клеймятся вручную:

При изготовлении листов из стали для судостроения под надзором Регистра на каждом листе клеймо должно содержать следующие сведения:

-наименование или товарный знак завода;

-Р С (клеймо Регистра) и марку стали (например, Р С А);

-номер плавки, партии;

Дефекты на поверхности листов: плены, трещины, вкаты, неметаллические включения подлежат зачистке, если глубина их залегания не выводит лист за пределы допускаемых отклонений по толщине.

Проверка глубины зачистки производится контролером отдела технического контроля глубиномером с точностью до 0,01 мм ГОСТ 7470. Если глубина зачистки выводит лист за пределы допусков по толщине, лист назначается на последующую порезку, или переводится во второй сорт, либо бракуется. Заварка дефектов на листах толщиной свыше 30 мм допускается.

Контроль качества отделки

На лобовых и кромочных ножницах обрезка листов должна производиться по линии разметки. Геометрические размеры листов (толщина, ширина, длина), периодически контролируются при осмотре. Предельные отклонения листов по толщине, ширине и длине должны соответствовать требованиям ГОСТ 19903.

Толщина листов замеряется листовым микрометром с точностью 0,01 мм ГОСТ 6507 и штангенциркулем ШЦ-11-160-0,1 ГОСТ 166. Длина и ширина листов - рулеткой с ценой деления 1 мм ГОСТ 7502.

На первом листе новой плавки контролируется правильность набора клейма и четкость клеймения. На остальных листах контроль производится периодически.

После порезки осматриваются кромки листа. На кромках не допускаются следующие дефекты: расслоение, трещины-расщепления, рваная или затянутая кромка. Для конструкционных марок сталей поставляемых по ГОСТ 1577, требования по макроструктуре гарантируется без проведения лабораторного контроля. После порезки на ножницах гильотинного типа с многократным резом допускаются зазубрины высотой не более 3 мм. Допускаются отдельные волосовины и трещины напряжения на кромках

листов глубиной не более 2 мм и длиной не более 25 мм. Величина их измеряется при помощи приспособления с индикатором часового типа и штангенциркуля с ценой деления 0,1 мм ГОСТ 166 или шаблона. При обнаружении волосовин и трещин напряжения на кромках глубиной

более 2 мм и длиной более 25 мм производится порезка листа для удаления дефектов на меньший размер.

Отклонение от плоскостности листов контролируется с помощью специальной метровой линейки по методике ГОСТ 26877. Линейка при замерах прикладывается к листу в разных направлениях по всей площади. Величина отклонения от плоскостности определяется с помощью ступенчатого калибра по наибольшему расстоянию между поверхностью металлоконструкции и плоскостью линейки. В случае отклонений от плоского состояния, превышающих опустимые, лист направляется на повторную правку или переводится во второй сорт.

Метрологическое обеспечение

Метрологическое обеспечение процесса производства толстолистового проката представлено в таблице 11.7

Таблица 11.7

Метрологическое обеспечение

ТРЕБОВАНИЕ К ИЗДЕЛИЮ				СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ				
Наименование технологической операции	Параметр контролируемого измерения	Номинальное значение параметра	Допустимое отклонение	Наименование прибора	Класс точности, цена деления	ГОСТ	Пределы шкалы измерения	Исполнитель
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Взвешивание слитков	Соответствие теоретической массы слитка с фактической	2800 кг 3850 кг	± 20 кг	Весы крановые типа ВВК-20	средний 10 кг	29329	0,2-20 т	Бриг. ир склада слитков, фабрикатор

Продолжение таблицы 11.7

ТРЕБОВАНИЕ К ИЗДЕЛИЮ				СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ				
Наименование технологической операции	Параметр контролируемого измерения	Номинальное значение параметра	Допустимое отклонение	Наименование прибора	Класс точности, цена деления	ГОСТ	Пределы шкалы измерения	Исполнитель
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль качества отделки	Ширина листа Длина листа	1000-2000 мм 2000-8000 мм	по ГОСТ 19903	Рулетка измерительная металлическая типа РЗН3Д, Р10У3К	3 кл 1 мм	7502	3 м 10 м	-"-
Контроль качества отделки	Глубина залегания дефектов на поверхности листа		по ГОСТ 14637	Глубинометр микрометрический	2 кл 0,01 мм	7470	0-25 мм	-"-
	Отклонение от плоскостности, мм на 1 м	5-12 мм	по ГОСТ 14637	Линейка измерительная металлическая с опорным уголком и ручкой Ступенчатый калибр Плита поверочная	———	изготовленные по чертежам завода	1000 мм 5 - 25 мм 2x10 м	-"-
	Глубина залегания дефектов, мм		По ГОСТ 14637 0,01 мм	приспособление с индикатором часового типа Штангенциркуль ШП-1	0,01 мм 2 кл 0,1 мм	577 166	0-10 мм 0-125мм	-"-
	Время	4 часа	———	Часы наручные	2 класс	10733 23350 26272	24 ч 60 мин.	Контролёр ОТК Оператор правильной машины

Примечание - Приборы и инструменты могут быть других типов при соблюдении требований к погрешности измерений.

Список использованных источников

1. Ефименко С.Н. Вальцовщик листопрокатных станов. - М.: Металлургия, 1970. - 349 с, ил.

2. Полухин П.И. Технология процессов обработки металлов давлением. - М.: Металлургия, 1988. -407 с, ил.

3. Производство толстолистового проката на стане «2850». Технологическая инструкция ТИ 123-1П, ГЛ 1-2000(Ю.И. Ловягин, З.Х Шакиров) - Аша; Ашинская типография Челябоблуприздата,2000-120с.

4. Бахтинов В.Б. Технология прокатного производства. - М.: Металлургия, 1978. - 488 с, ил.

5. Краузе Г.Н. Оборудование прокатных станов. - Ленинград: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963. - 267 с, ил.

6. Королев А.А., Механическое оборудование прокатных цехов. - Изд. 3-е. М.: Металлургия, 1965. - 584 с, ил.

7. Соколов Л.Д., Пряхин В.А. Расчеты деталей металлургического оборудования. - М.: Металлургия, 1983. - 175 с, ил.

8. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1977. - 406 с, ил.

9. Целиков А.И. Теория расчета усилий в прокатных станах. - М.: Металлургия, 1962. - 493 с, ил.

10. Дубинский Ф.С., Крайнов В.И. Расчет энергосиловых параметров процесса прокатки с применением ЭВМ: Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. - Челябинск: ЮУрГУ, 1994. - 57с.

11. Королёв А.А. Конструкция и расчёт машин и механизмов прокатных станов. - М.: Металлургия, 1969. - 464 с, ил.

12. Королёв В.В. Управление процессами прокатного производства. — М.: Металлургия, 1986. - 232 с, ил.

13. Чистякова М.Ф. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию. - Челябинск: ЧПИ, 1988. - 33 с.