

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Л.В. Радионова

«_____» _____ 20__ г.

Тема работы: «Разработка технологии прокатки профилей из заготовки
повышенного сечения на проволочном стане 250 ПАО «ЧМК»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

ЮУрГУ-22.03.02-2019-309-00.00.00 ПЗ

Руководитель работы:

_____ / М.А. Соседкова /
Автор работы

_____ / Д.Р. Салихов /

студент группы П-438

Челябинск
2019

АННОТАЦИЯ

Салихов Д.Р., Разработка технологии прокатки профилей из заготовки повышенного сечения на проволочном стане 250 ПАО «ЧМК» ЮУрГУ – г. Челябинск, П-438.
36 страниц, библиографический список – 7 наименований, 12 рис., 2 таблицы.

Выпускная квалификационная работа посвящена совершенствованию технологического процесса прокатки в условиях прокатного цеха №1 ПАО «ЧМК».

Описан технологический процесс и оборудование проволочного стана 250-2 ПАО «ЧМК», рассмотрены различные варианты совершенствования проволочного стана при переходе на заготовку повышенного сечения и предложен наиболее подходящий вариант реконструкции стана. Выполнен расчёт калибровки валков, выбрано оборудование и место для его установки, произведены проверочные расчёты.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕЛКОСОРТНО-ПРОВОЛОЧНЫХ СТАНОВ	5
2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА 250 ПАО «ЧМК»	10
3. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ СТАНА	15
4. РАСЧЕТ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ ИЗ ЗАГОТОВКИ ПОВЫШЕННОГО СЕЧЕНИЯ	19
5. ВЫБОР И КОМПАНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЁТЫ	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	32
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	33

ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением развития современных мелкосортных и проволочных станов являются увеличение размеров и массы исходных заготовок, конечной скорости прокатки, переход на непрерывнолитую заготовку и совмещение процесса отливки с прокаткой, расширение сортамента продукции и повышение технологической гибкости прокатных станов, увеличение точности размеров прокатываемых профилей, повышение механических свойств проката в результате применения специальных температурных режимов деформации и регулируемого охлаждения.

В дипломной работе представлен вариант модернизации мелкосортно-проволочного стана 250 ПАО «ЧМК», разработана технология прокатки профилей из заготовки повышенного сечения

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕЛКОСОРТНО-ПРОВОЛОЧНЫХ СТАНОВ

Одним из основных направлений развития современных мелкосортных и проволочных станов является увеличение размеров и массы исходных заготовок. Как показал зарубежный и отечественный опыт, сечение непрерывнолитой заготовки должно быть не менее 150×150 мм для полной проработки литой структуры и получения требуемой микроструктуры конструкционного проката. Большинство зарубежных современных станов используют непрерывнолитую заготовку, сечением заготовки от 120×120 до 180×180 мм.

В 1995 г. для фирмы ISIBARSLtd. (Индия) компанией Romini построен комбинированный стан для производства проката из нержавеющей и легированной сталей в виде прутков и бунтов (рисунок 1.1)

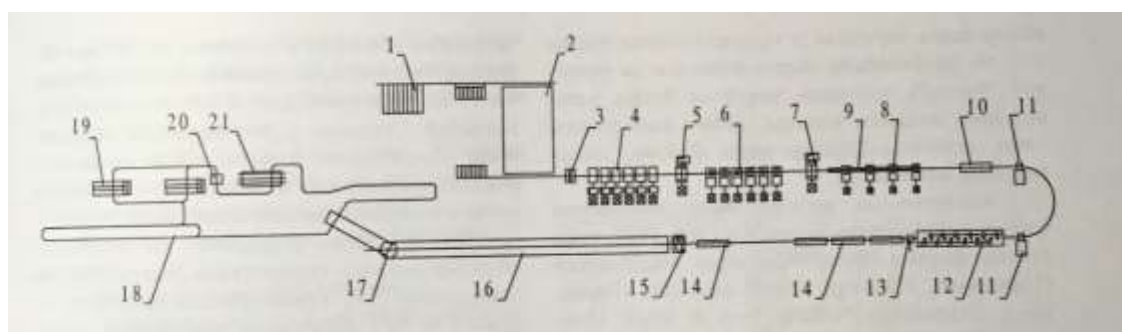


Рисунок 1.1 – Схема комбинированного стана на ISIBARSLtd: 1 – нагревательная печь (30 т/ч); 2 – черновая линия; 3 – быстроходный цепной шлеппер; 4 – гидравлические маятниковые ножницы (200 т); 5 – индукционная печь; 6 – первая промежуточная линия; 7 – кривошипные ножницы горячей резки; 8 – вторая промежуточная линия; 9 – кривошипные ножницы горячей резки; 10 – первая чистовая линия; 11 – секция охлаждения; 12 – делительные ножницы горячей резки; 13 – холодильник 30×8 м; 14 – ножницы холодной резки; 15 – абразивная пила холодной резки; 16 оборудование для пакетирования с машинами для обвязки и взвешивания; 17 – две моталки система Гаррета с конвейером для бунтов комбинированного типа (цепной – шагающий); 18 – летучие ножницы; 19 – 8-клетевый чистовой моноблок MB 175, установленный под углом 45° ; 20 – моталка системы Эденборна с конвейером и холодильником; 21 – крюковой конвейер и машина для увязки бунтов

Заготовка: квадрат 140 мм, 160 мм, 200 мм. Готовая продукция: пруток $\varnothing 14 \dots 63$ мм; катанка в бунтах $\varnothing 5 \dots 12$ мм; катанка в бунтах $\varnothing 12 \dots 35$ мм; полоса $20 \times 12 \dots 70 \times 10$ мм; уголок $30 \times 4 \dots 60 \times 6$ мм [1]

В 1998 году на Белорусском металлургическом заводе был введен в эксплуатацию новый сортопроволочный стан 150 [2]. Объем производства на стане составляет 830 тыс. т продукции в год, из них прутка – 510 тыс. т и катанки 320 тыс. т. Скорость прокатки на выходе из чистового блока 75 м/с. Стан производит продукцию сечением от 5,5 до 12,5 мм. Вес бунта составляет 1450...2410 кг. Исходной является непрерывнолитая или предварительно обжатая заготовка с размером сечения 125×125 мм и 160×160 мм. После прокатки катанка охлаждается на конвейере Стелмора (Stelmor), формируется в бунты и поступает на крюковый конвейер. Прокатный стан (рисунок 1.2) включает в себя нагревательную печь с шагающим подом, установку удаления окалины, шестиклетевую черновую группы прокатных клетей, шестиклетевую и четырехклетевую промежуточные группы клетей, десятиклетевой чистовой блок.

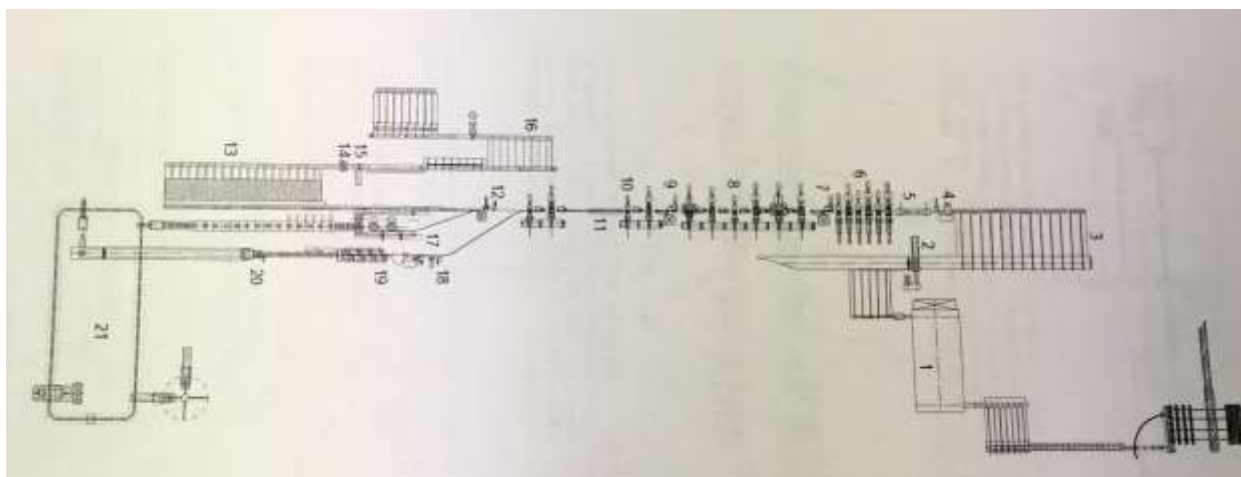


Рисунок 1.2 – План расположения оборудования сортопроволочного стана 150 Белорусского металлургического завода: 1 – загрузочный участок; 2 – нагревательная печь с шагающими балками; 3 – установка удаления окалины; 4 – черновая группа клетей; 5, 7 – ножницы; 6 – промежуточная группа клетей № 1; 8 – промежуточная группа клетей № 2; 9 – петлеобразователь; 10 – секция водоохлаждения подката; 11 – трайбаппарат; 12 – проволочный блок; 13 – установка контроля размеров проката; 14 – участок водяного охлаждения катанки; 15 – виткоукладчик; 16 – конвейер Стелмора; 17 – участок формирования бунтов; 18 – крюковый конвейер; 19 – устройство для прессования и обвязки мотков; 20 – весы; 21 – станция разгрузки мотков

VON ROLL AG (ШВЕЙЦАРИЯ) производит термоупроченную катанку, схема расположения оборудования линии приведена на рисунок 1.3 [3].

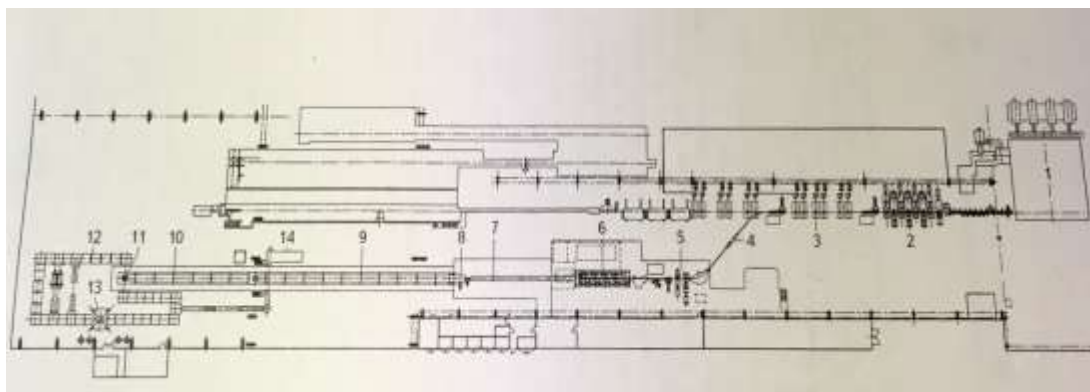


Рисунок 1.3 – Схема расположения оборудования линии для производства термоупроченной катанки: 1 – нагревательная печь; 2 – черновая линия – 8 клетей; 3 – первая промежуточная линия – 6 клетей; 4 – система регулирования температуры; 5 – вторая промежуточная линия – 2 клетки; 6 – чистовая линия – 10 клетей; 7 – система первичного охлаждения; 8 – устройство для формирования витков и тянущий ролик; 9 – принудительное или замедленное охлаждение; 10 – принудительное воздушное охлаждение; 11 – участок формирования бунтов; 12 – вертикальные опоры для транспортировки; 13 – участок обвязки, 14 – разгрузочное устройство для бунтов

На данной линии расстояние между центрами клетей выбраны с таким расчетом, чтобы можно было установить систему для эффективного охлаждения между ними. Температура на входе в блок поддерживается на одном уровне и не меняется при увеличении скорости прокатки.

Круглый прокат $\text{Ø}5,5\text{...}18$ мм получают в виде бунтов весом до 2,5 т. Скорость прокатки составляет более 100 м/с для $\text{Ø}5,5\text{...}7$ мм и менее для катанки большего диаметра при производительности 100 т/ч. Благодаря прочной конструкции и определенному расположению клетей чистового блока полностью исключаются колебания катанки при высокой скорости. Система первичного охлаждения предназначена для обработки катанки при волочении проволоки. При использовании специального оборудования для охлаждения проката линия охлаждения имеет небольшую длину, что способствует снижению до минимума брака в виде искривления проката между блоком и устройством для формирования витков несмотря на высокие скорости. На первом участке естественного воздушного охлаждения витков возможно как замедленное, так и принудительное охлаждение. Данная система обработки подходит для большого числа прокатываемых марок стали. Витки свободно опадают между первым участком

медленного охлаждения и следующим участком. Это обеспечивает лучшее распределение витков и облегчает манипуляции на участке формирования бунтов.

Схема расположения мелкосортно-проволочного стана мощностью 1,2 млн. т/год, г. Гебз (Турция), приведена на рисунок 1.4 [4].

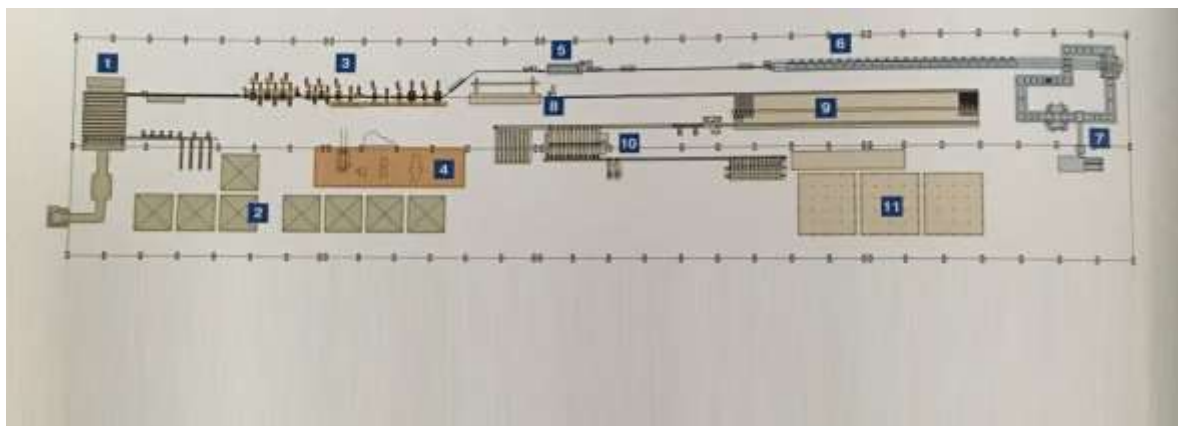


Рисунок 1.4 – Линия для производства катанки: 1 – печь с шагающими балками; 2 – склад заготовок; 3 – 18-проходной стан; 4 – участок подготовки прокатных клетей; 5 – 10-проходной проволочный блок; 6 – линия контролируемого охлаждения; 7 – линия отделки бунтов; 8 – система термического улучшения продукции; 9 – холодильник; 10 – линия отделки; 11 – склад продукции

Скоростная линия для производства катанки на стане компании DilerDemirCelik(Турция) пущена в 2008 г. и производит 400000 т/год катанки. Линия для производства катанки состоит из 18-клетевой черновой / промежуточной группы (бесстаниновые клетки Star), чистового однопроходного блока «Дельта» и участка контролируемого охлаждения.

Автоматизированная линия для производства катанки предприятия IcdasCelik (Стамбул, Турция), приведена на рисунке 1.5 [5].

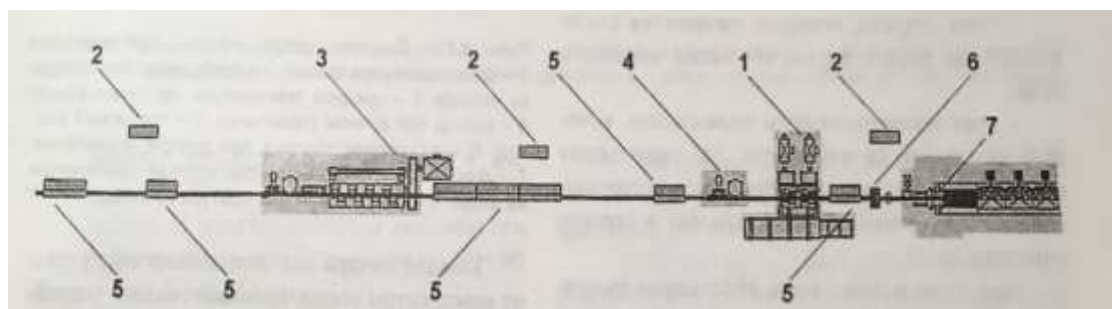


Рисунок 1.5 – Технологическая линия и система управления технологическим процессом: 1 – сдвоенный модульный блок; 2 – гидропанель; 3 – восьми-ручевой блок для прокатки катанки; 4 – быстродействующие ножницы; 5 – камера водяного охлаждения; 6 – HiGauge; 7 – виткообразователь

Готовая продукция: катанка $\varnothing 5,0 \dots 20$ мм; деформированная закаленная катанка $\varnothing 8 \dots 16$ мм, прокатываемая в чистовом 8-ручевом блоке; деформированная незакаленная катанка, прокатываемая в чистовом сдвоенном модульном блоке.

Конструкция оборудования линии обеспечивает: жесткие допуски на размер; гарантированную скорость прокатки в чистовой клети до 110 м/с; увеличение выходного годного за счёт отсутствия неохлаждённых передних концов; автоматическую обрезку переднего и заднего концов в технологическом потоке; возможность применения технологии низкой температуры окончания прокатки для всего сортамента проката; упрощенную последовательность пропусков благодаря одноручевой линии прокатки по всему стану, что означает лёгкость настройки и сокращение числа перенастроек стана; производство деформированной закаленной катанки.

2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА 250 ПАО «ЧМК»

Непрерывный проволочный стан 250 введён в эксплуатацию в 1971 году и предназначен по проекту для четырёхниточной прокатки катанки диаметром от 5 до 10 мм. В настоящее время на стане прокатывают сталь круглую диаметром 6; 6,3; 8 мм, катанку канатную диаметром 6,3; 8 мм; сталь для армирования железобетонных конструкций из сталей обыкновенного качества; для сварочной проволоки.

Марочный сортамент стана включает в себя Ст1кп, 1пс, 2пс, 3пс, 3сп, 25Г2С и 35ГС.

Литая квадратная заготовка поставляется с МНЛЗ – 3 и МНЛЗ – 4. Основное оборудование стана (рисунок 2.1) размещено в одном продольном пролёте длиной 440 м и шириной 36 м. Общая масса оборудования стана 4560 т. Общая мощность электрооборудования 68,8 МВт.

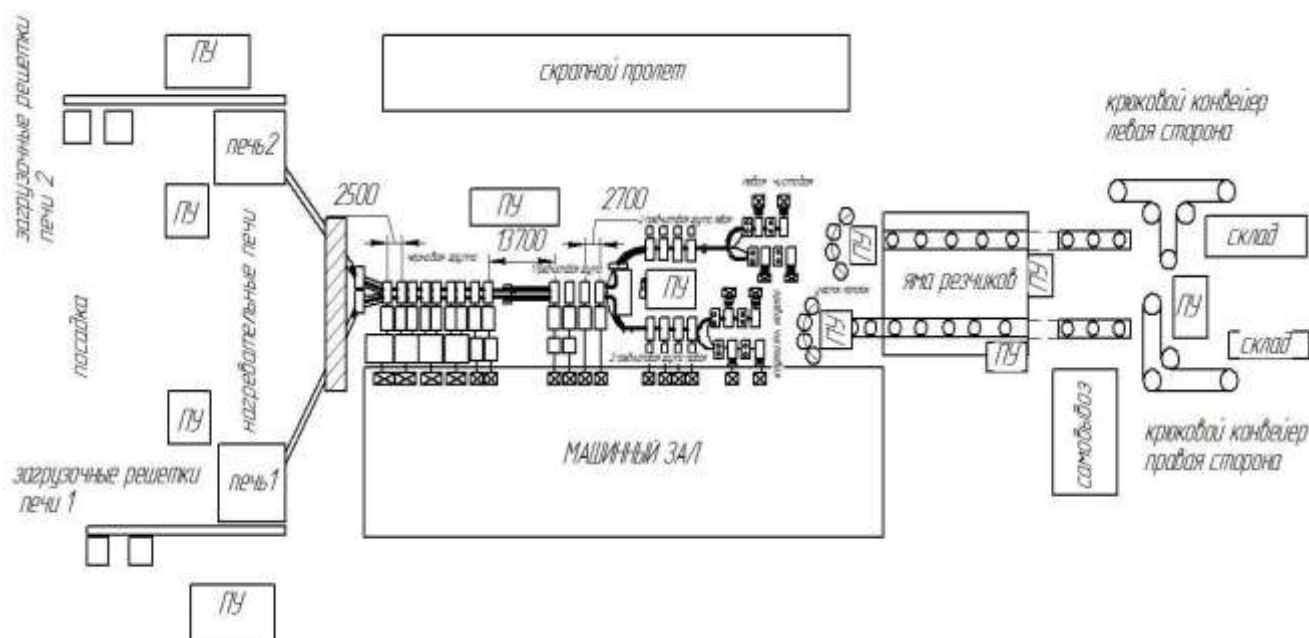


Рисунок 2.1 – Схема основного оборудования стана 250-2 ПАО ЧМК

Исходные заготовки сечением 100×100 мм, длиной 10.5...11.5 м, массой 700 кг поставляется с МНЛЗ – 3 и МНЛЗ – 4, при помощи электромостовых кранов

подают на загрузочные решётки печи [6] Скорость перемещения по рольгангу 2,22 м/с. В подводящем рольганге вмонтированы мостовые автоматические весы.

Заготовки с рольганга на балки нагревательной печи подают клинкен-шлеппером, скорость движения 0,24 м/с. Возможна реверсивная работа для выгрузки заготовок из печи.

Нагревают заготовки перед прокаткой в двух двухзонных нагревательных печах с шагающим подом, торцевой посадкой и боковой выдачей. Температурный режим печи регулируется в зависимости от темпа выдачи металла в прокатку, а также в зависимости от температуры металла после девятой клетки по показаниям приборов.

Для компенсации разности температуры по длине полосы при прокатке допускается создание перепада температуры по ширине печи. Нагретые заготовки при помощи установки, состоящей из двух линий соединительного рольганга с переводными стрелками и трайбаппаратами у черновой группы клеток, выдают из печи и направляют к стану. Соединительный рольганг длиной 32,7 м состоит из 32 приводных роликов диаметром 212 мм, скорость транспортировки 2,22 м/с.

Трайбаппараты у черновой группы клеток состоят из верхнего и нижнего (ведомого) роликов.

Проволочный стан состоит из тридцати семи клеток: двадцать девять горизонтальных и восемь вертикальных, расположенных в четырёх группах. В черновой группе находятся девять клеток с горизонтальным расположением валков. Все калибры черновой группы имеют хорошую вытяжную способность, хороший захват, а также простую привалковую арматуру, но нужно учесть, что при этом необходим строгий выбор между размерами сечения и калибра.

За клетью № 9 черновой группы установлено двое ножниц для резки концов и для аварийных резов. Максимальное разрезаемое сечение раската 420 мм² при температуре металла $t_m \geq 800^\circ\text{C}$.

В первой промежуточной группе находится четыре клетки с горизонтальным расположением валков. Во второй промежуточной группе находится четыре клетки

с горизонтальным расположением валков. В четырёх чистовых группах по две клетки с вертикальным расположением валков. Прокатку в черновой и первой промежуточной группах ведут в две нитки, во второй промежуточной в чистовой в одну нитку.

Станины всех горизонтальных двухвалковых клеток закрытого типа. Валки черновой группы должны обладать хорошими прочностными свойствами, следовательно, материал валков в черновой группе – сталь марки 50 с наплавкой порошковой проволоки марки 3Х2В8 или чугун марки СШХН-40 и в чистовой группе – чугун марки СПХН-62. Подшипники всех валков жидкостного трения.

Нажимное устройство верхних валков горизонтальных клеток винтовое с приводом от электродвигателя. Максимальный ход верхнего и нижнего валков клетки 450 соответственно 65 и 65 мм; клетки 400 – 75 и 60 мм; клетки 320 – 60 и 55 мм.

Допускаемое усилие и момент прокатки соответственно по клетям: 1850 кН и 172 кН·м (клетки с диаметром валков 450 мм); 1400 кН и 58 кН·м (клетки 400); 970 кН и 28,9кН·м (клетки первой промежуточной группы с диаметром валков 320 мм); 340 кН и 1,3 кН·м (клетки 320 чистовой группы).

Привод рабочих валков от электродвигателей через редуктор, шестеренную клетку и соединительную шпиндели. Клетки 320 (№12 – 17) с безредукторным приводом. Привод валков клеток индивидуальный, за исключением клеток №2 – 7.

Для быстрой смены калибров горизонтальные клетки снабжены гидроустройствами перемещения. У вертикальных клеток калибры смещают посредством подъемного стола. Поверхность валков рифлению не подвергают. Привалковая арматура клеток №1, №3 и всех четных с №2 по №16 стальная скольжения, у остальных клеток роликовая. Нужно отметить, что роликовая привалковая арматура устраняет поверхностные дефекты, способствует повышению производительности стана в связи со значительно большей стойкостью кантующих валков и доступных для обслуживания. Перевалку вертикальных и горизонтальных клеток делают посредством электромостовых

кранов грузоподъёмностью 30/5 т. Становый пролёт обслуживается тремя 30/5-т электромостовыми кранами.

Калибровки валков клетей стана [7]: клеть №1 – ящичный калибр; клеть №2 – плоский овал; клеть №3 – квадратный калибр; клеть №4 – овальный калибр; клеть №5 – квадратный калибр; клеть №6 – овальный калибр; клеть №7 – квадратный калибр; клетки №8 – №21 – чередование калибров по схеме овал-круг.

При прокатке круглой стали диаметром 8 мм и профиля для армирования железобетонных конструкций №8 клетки №16 и №17 не работают, вместо валков в этих клетях закрепляют направляющие проводки для пропуска проката. Раскат кантуют после клетей №2 и №4 кантующими валками, во всех остальных случаях – трубками.

После чистовых клетей катанка проходит установку ускоренного охлаждения, состоящую из охладительных секций. Длина участка охлаждения 1300...1800 мм. Катанка и арматура сматывается в бунты на четырех моталках Эденборна, четыре моталки находятся в резерве на некатающих нитках.

Наружный диаметр бунта 1400 мм, внутренний – 950 мм. Высота – 500 мм, масса бунта 900 кг. Скорость вращения вала моталки 207...830 об/мин, скорость намотки 42 м/с, привод от электродвигателя с частотой вращения 328...1326 об/мин, мощностью 17 кВт через редуктор с передаточным отношением 1,6.

С моталок бунты сталкивателем подают на приемный транспортёр.

При следовании от моталок бунты проходят вязальные машины. На каждом транспортёре установлено по четыре бунтовязальные машины, размещённые попарно напротив, так что каждый бунт обвязывается в двух местах.

Бунты с приемного стола транспортируют к муфельному транспортёру.

Муфельные транспортёры от приемного стола до крюкового конвейера предназначены для охлаждения бунтов до температур, при которых бунт не деформируется в подвешенном состоянии. Бунты движутся по чугунным плитам при помощи бесконечной цепи с захватами. Скорость транспортировки 71,7 м, максимально транспортируется 38 бунтов.

С муфельного транспортёра при помощи навешивания бунтов бунты передают на крюковой конвейер, имеющий 298 крюков. Время навешивания бунта 12,4 с. Расстояние между крюками 1,8 м, длина цепи 536,4 м, скорость транспортировки 0,1м/с.

С крюкового конвейера бунты съёмником передают на штырь пакетирующей машины. В цехе установлено четыре четырёхстержневых пакетирующих машин. Нагрузка на один штырь 3600 кг.

После полной загрузки одного штыря пакетирующая машина совершает поворот на 1/4 оборота, бунты с загруженного штыря убирают двумя 5/5-т электромостовыми кранами и транспортируют на склад.

3. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ СТАНА

Производство металлургических изделий требует постоянного совершенствования, что достигается различными методами. Для развития проволочных станов характерно: широкое использование принципа непрерывности; повышение производительности, что достигается путём увеличения размеров сечения заготовки. Из-за необходимости перехода сортопрокатного производства на непрерывнолитую заготовку во многих случаях возникают проблемы реконструкции мелкосортных и проволочных станов. В большинстве случаев это связано с тем, что мелкосортные и проволочные станы второго поколения предназначены для прокатки квадратной заготовки со стороной 60...80 мм, а сторона сечения унифицированной НЛЗ составляет от 100...150 мм. К примеру, при использовании НЛЗ сечением 150×150 мм вместо 80×80 мм в условиях мелкосортных станов КГГМК «Криворожсталь» исходное сечение заготовки более в 3,5 раза, а для условий проволочного стана 250 ОАО «ЕМЗ» при использовании заготовки 125×125 мм взамен 80×80 мм – в 2,44 раза. Очевидно, что без масштабного изменения схемы расположения оборудования либо без применения специальных технологий, использование заготовки повышенного сечения не представляется возможным. Наиболее вероятным вариантом реконструкции участка прокатки непрерывных мелкосортных станов второго поколения представляется изменение состава оборудования путем добавления дополнительных клеток перед существующим станом, но возможны и другие варианты.

Рассмотрим 4 варианта реконструкции[8], показанные на рисунке 3.1, в том числе: I – с добавлением четырех двухниточных клеток А, Б, В, Г перед существующим типовым мелкосортным станом 250; II– отличается от I наличием термостата, местом расположения добавляемых клеток и скоростными режимами прокатки; III– предусматривает использование в варианте II двух неприводных (горизонтальной и вертикальной) клеток, расположенных на дополнительном участке стана; IV– предусматривает наличие четырех клеток в промежуточной

группе, однониточную прокатку в клетях №1...9, использование за клетями №4,5,6,8 неприводных вертикальных клетей, в сочетании со slitting-процессом.

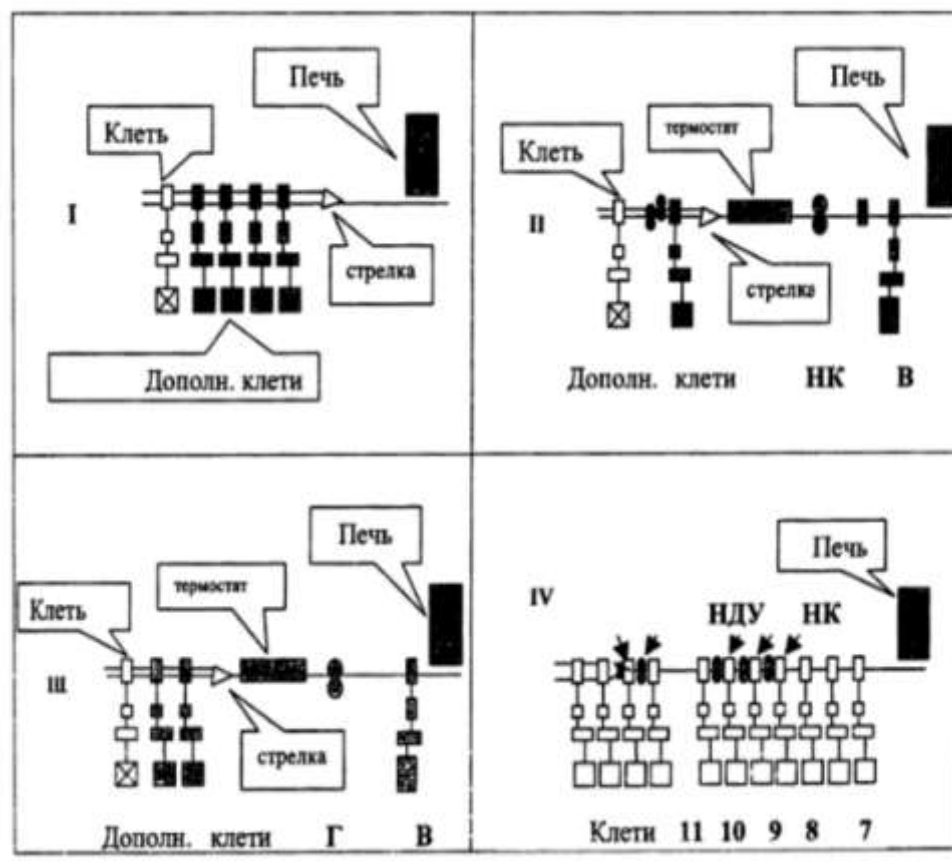


Рисунок 3.1 Схема расположения оборудования головной части стана 250 по вариантам реконструкции I – IV. Дополнительное оборудование показано заливкой: А – Г – дополнительные приводные клетки, НК – неприводные клетки, НДУ – неприводное делительное устройство

Расчеты, проведенные в НПО «ДОНИКС», позволяют сделать выводы в общем согласующиеся с заключением авторов работы [9] в отношении нецелесообразности вариантов I и II по следующим причинам: оба варианта предложений не позволяют повысить годовую производительность, так как скорость проката в чистовой клетке поднять невозможно; необходимость капитальных затрат на приобретение новых прокатных клетей и механического и электрического привода к ним; резкое ухудшение температурного режима прокатки из-за пониженных до уровня критических значений скоростей прокатки в

новых клетях и связанная с этим необходимостью реконструкции подводящего к стану рольганга с установкой теплоизолирующих экранов или проходной подогревательной печи; необходимость установки фундаментов для новых клетей повышает капитальные затраты и исключает работу стана в период фундаментных работ; остается необходимой замена ряда редукторов главных линий привода по причине превышения технологическими параметрами допускаемых значений, при применении теплоизоляции раската проблемы перегруза главных линий привода не снимаются.

Вариант III является переходным от варианта II к варианту IV и в корне не отличается от варианта II по составу дополнительного оборудования. Появление двух неприводных клетей взамен одной приводной не исключает недостатков варианта-аналога. В варианте IV предполагается использование четырех вертикальных неприводных клетей в черновой и промежуточной группах в совокупности со slitting-процессом в промежуточной группе. Наличие большого числа комплексов «приводная клеть – неприводная клеть» вызывает необходимость дополнительных капитальных затрат на систему автоматического регулирования скоростного режима прокатки, без которой поддержание согласованного режима в черновой группе клетей будет практически невозможным. Кроме того, наличие неприводных клетей вызывает необходимость расширения парка валков и приведет к усложнению обслуживания стана. В числе вариантов, предусматривающих реконструкцию нагревательной печи в НПО «ДОНИКС» разработан вариант реконструкции, включающий обеспечение необходимой вытяжной способности стана за счет применения технологии двухкратной двухручьевой прокатки-разделения в клетях №9 и №15. Схема этого варианта показана на рисунке 3.2.

Удельные энергозатраты на прокатку по этому варианту на 12...18% ниже, чем по вариантам I и II. Основным недостатком данного варианта является жесткая связь обеих ниток прокатки, что приводит к повышению общего времени простоя стана при сбоях на любом участке технологического потока.

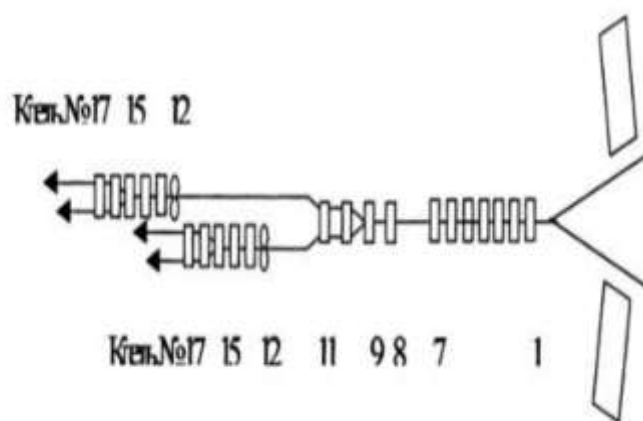


Рисунок 3.2. Схема варианта реконструкции с применением технологии двукратной двухручьевой прокатки-разделения

Из-за того, что изменения размеров сечения заготовки не очень большие, наиболее рациональным будет добавить две дополнительные клетки в черновую группу. Таким образом, при использовании варианта реконструкции с добавлением двух дополнительных клеток обеспечиваются следующие преимущества по сравнению с описанными существующими вариантами I – IV: простота в совершенствовании стана, калибровка валков всего стана остается без изменения, необходимо меньше дополнительных приводов.

В данной работе представлен вариант реконструкции стана с добавлением двух дополнительных клеток, для того, чтобы реализовать реконструкцию стана необходимо: рассчитать калибровку двух добавленных клеток таким образом, чтобы не менять калибровку последующих клеток, поэтому необходимо рассчитать калибровку прокатки квадрат 120 мм в квадрат 100 мм; рассмотреть варианты расположения двух клеток, выбрать размер и тип данных клеток и провести проверочный расчёт.

4. РАСЧЕТ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ ИЗ ЗАГОТОВКИ ПОВЫШЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Для проволочного стана выбираем заготовку квадратного сечения со стороной 120 мм. Длина заготовки 10,5...11,5 м.

Определим количество проходов при переходе на заготовку повышенного сечения. Для этого рассчитаем, получится ли за два прохода получить квадрат 100x100.

Количество проходов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{\ln \lambda_{\Sigma}}{\ln \lambda_{\text{cp}}}, \quad (4.1)$$

где λ_{Σ} – суммарная вытяжка;

λ_{cp} – средняя вытяжка (примем равной 1,28)

Суммарная вытяжка находится по формуле:

$$\lambda_{\Sigma} = \frac{S_0}{S_1}, \quad (4.2)$$

где S_0 – площадь сечения заготовки;

S_1 – площадь сечения готового проката.

$$S_0 = a^2,$$

где a – сторона заготовки.

$$S_0 = 120^2 = 14400 \text{ мм}^2.$$

$$S_1 = d^2 \quad (4.3)$$

где d – диаметр готового проката.

$$S_1 = 100^2 = 10000 \text{ мм}^2.$$

$$\lambda_{\Sigma} = \frac{14400 \text{ мм}^2}{10000 \text{ мм}^2} = 1,44.$$

$$n = \frac{\ln 1,44}{\ln 1,28} = 1,47.$$

Примем $n=2$.

Как видно из проведенного расчета, достаточно будет добавить две клетки.

Произведем расчет калибровки прокатки квадрата 100×100 мм из заготовки квадратного сечения 120×120 мм.

Назначаем схему прокатки: первый проход и второй проход – ящичный калибр, с кантовкой после первого прохода на 90° .

Зазор между валками примем $S=10$ мм, развал калибра $\text{tg}\varphi = 0,4$, температуру нагрева заготовки 1150 °С.

Рассчитаем формоизменение для первого прохода.

Зададим обжатие в первом проходе $\Delta h = 26$ мм и найдем высоту полосы на выходе по формуле:

$$h_1 = h_0 - \Delta h, \quad (4.4)$$

где h_0 – высота полосы до входа в калибр.

$$h_1 = 120 - 26 = 94 \text{ мм.}$$

Определим диаметр по вершине калибра по формуле:

$$D_B = D_6 - h_1 + S, \quad (4.5)$$

где D_6 – диаметр валков на бочке, примем 550 мм.

$$D_B = 550 - 94 + 3 = 459 \text{ мм.}$$

Рассчитаем уширение полосы по формуле Бахтинова:

$$\Delta b = 0,575 \times \frac{\Delta h}{h_0} \times \left(\sqrt{\frac{D_B}{2} \times \Delta h} - \frac{\Delta h}{2 \times f} \right), \quad (4.6)$$

где f – коэффициент трения при прокатке.

Прежде чем найти уширение полосы, необходимо найти коэффициент трения при прокатке, его мы найдем, зная температуру прокатки по формуле:

$$f = 1,05 - 0,0005 \times T. \quad (4.7)$$

$$f = 1,05 - 0,0005 \times 1150 = 0,48.$$

Тогда уширение полосы:

$$\Delta b = 0,575 \times \frac{26}{120} \times \left(\sqrt{\frac{459}{2} \times 26} - \frac{26}{2 \times 0,48} \right) = 6,25 \text{ мм.}$$

После вычисления уширения полосы находим ширину полосы:

$$b_1 = b_0 + \Delta b, \quad (4.8)$$

$$b_1 = 120 + 6,25 = 126,25 \text{ мм.}$$

Для построения калибра необходимо знать следующие значения:

- высота калибра H_k ;
- ширина дна ручья B_d ;
- радиус закругления r ;
- радиус калибра по буртам r_1 ;
- ширину калибра B_k .

Все эти значения посчитаем по формулам:

$$H_k = h_1; \quad (4.9)$$

$$H_k = 94 \text{ мм};$$

$$B_d = 0,95 \times b_0; \quad (4.10)$$

$$B_d = 0,95 \times 120 = 114 \text{ мм};$$

$$r = r_1 = 0,15 \times h_1; \quad (4.11)$$

$$r = r_1 = 0,15 \times 94 \approx 15 \text{ мм};$$

$$B_k = B_d + H_k \times \text{tg}\varphi; \quad (4.12)$$

$$B_k = 114 + 94 \times 0,4 = 151,6 \text{ мм};$$

Рассчитаем заполнение калибра:

$$\delta = \frac{B_1}{B_{вп}}, \quad (4.13)$$

$$\delta = \frac{126,25}{150,4} = 0,839.$$

Площадь сечения после первого прохода $S_1 = 11558,443 \text{ мм}^2$.

Определим вытяжку по формуле:

$$\lambda = \frac{S_n}{S}, \quad (4.14)$$

где S_0 – площадь поперечного сечения заготовки;

S_1 – площадь поперечного сечения полосы после прохода.

$$\lambda = \frac{14400}{11558,443} = 1,24.$$

Рассчитаем формоизменение для второго прохода.

На выходе необходимо получить квадрат 100x100 мм. Рассчитаем необходимое обжатие по формуле (3.5)

$$\Delta h = h_0 - h_1,$$

$h_0 = b_1$, так как после третьего прохода кантуем полосу на 90°.

$$\Delta h = 126,25 - 100 = 26,25 \text{ мм.}$$

Дальнейшее формоизменение рассчитывается аналогично первому проходу.

Параметры формоизменения приведены в таблице 4.1:

Таблица 3.1 – Параметры формоизменения

Калибры	Основные размеры						
	h, мм	b, мм	Δh , мм	Δb , мм	D_b , мм	S, мм ²	λ , мм
1 ящичный	94	126,25	26	6,25	459	11558,443	1,24
2 ящичный	100	99,95	26,25	5,95	453	9691,165	1,19

Калибры представлены рисунке 4.1:

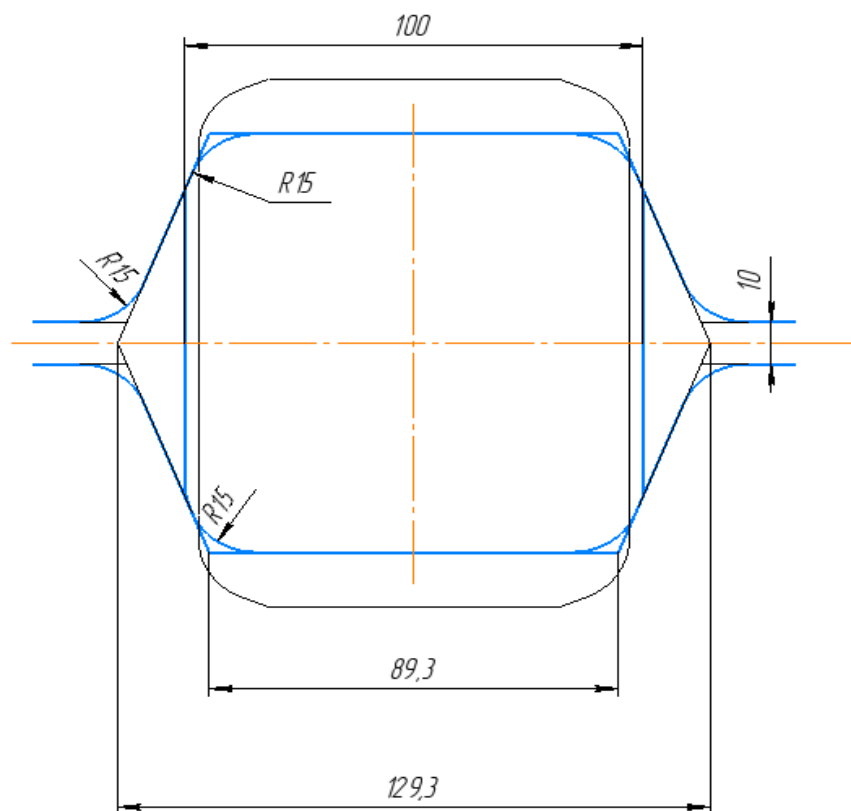
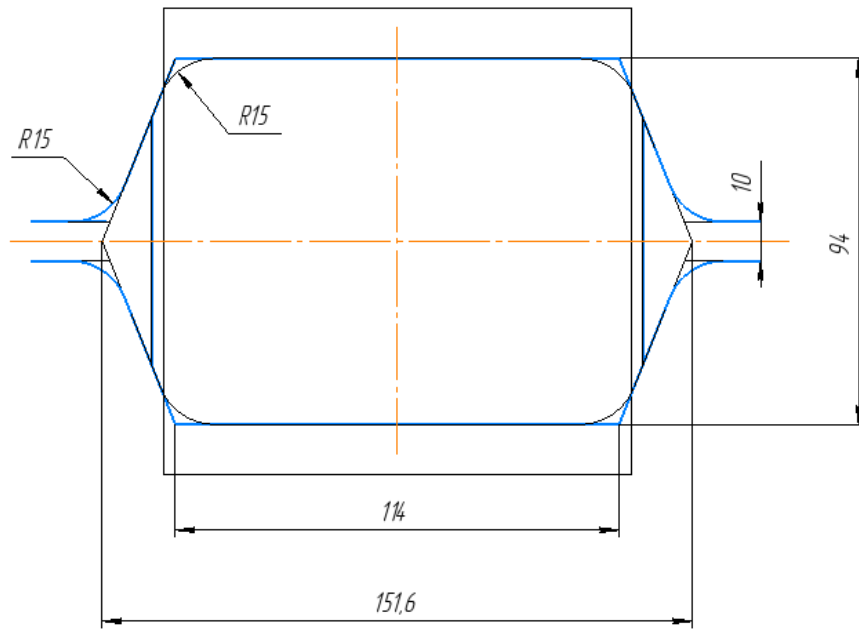


Рисунок 4.1 – Схема калибровки

Параметры калибров приведены в таблице 4.2:

Таблица 4.2 – Параметры калибров

Калибры	Основные размеры, мм			
	H_k	B_d	$r=r_1$	B_k
1 ящичный	94	114	15	151,6
2 ящичный	100	89,3	15	129,3

5. ВЫБОР И КОМПАНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЁТЫ

Две дополнительные клетки можно установить перед первой существующей клетью в черновой группе.

Мелкосортно-проволочный стан после реконструкции представлен на рисунке 5.1:

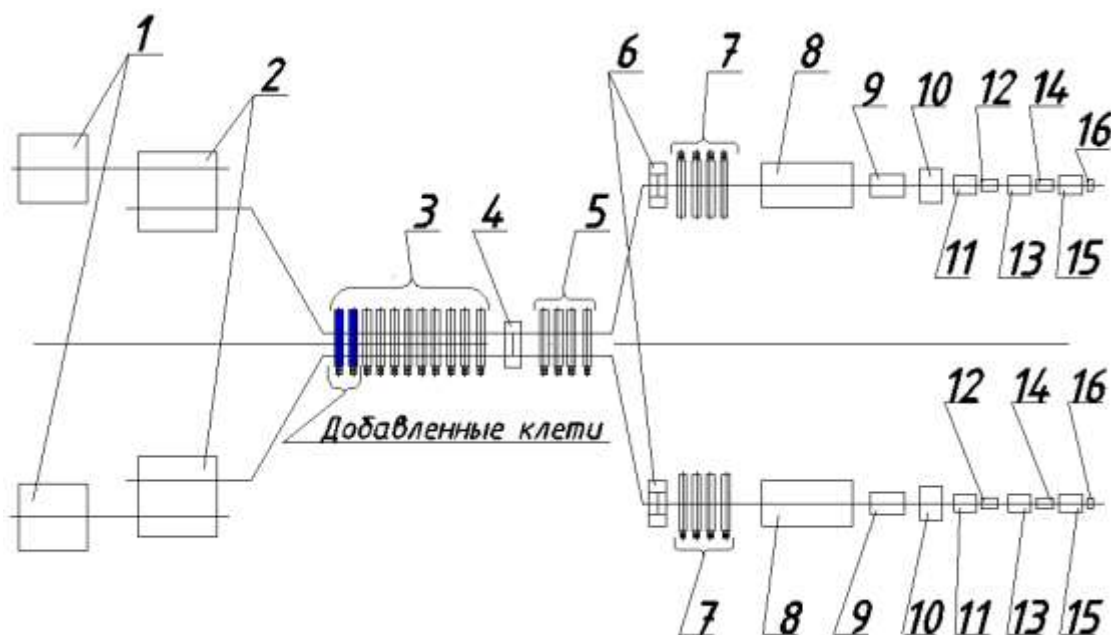


Рисунок 5.1 – План расположения оборудования сортопроволочного стана 250 ОАО «ЧМК» после добавления 2 клеток: 1 – загрузочный участок; 2 – нагревательная печь с шагающим подом; 3 – одиннадцатиклетевой черновой блок; 4 – ножницы для аварийной резки; 5 – промежуточный блок клеток; 6 – ножницы; 7 – предчистовой блок клеток; 8 – чистовой блок клеток; 9 – установка ускоренного охлаждения; 10 – моталки Эденборна; 11 – сталкиватели бунтов; 12 – приемный стол; 13 – приемный транспортер; 14 – вязальные машины; 15 – муфельный транспортер; 16 – пакетирующая машина.

Установленные клетки будут бесстанинного типа, с горизонтальным расположением валков и индивидуальным приводам валков. Прокатка будет происходить в две нитки.

Для сортовых станов горячей прокатки при выборе диаметров валков принимают во внимание допустимые углы захвата, определяемые величиной коэффициента контактного трения, исходя из соотношения:

$$D_6 = \frac{2 \times \Delta h}{\alpha^2},$$

где Δh – абсолютное обжатие;

α – угол захвата, рад.

При горячей прокатке сортового металла и толстых листов используют стальные или чугунные валки с хорошим качеством поверхности, поэтому угол захвата можно принять равным 0,3142 рад, абсолютное обжатие примем равным 26,2 мм. Тогда получим:

$$D_6 = \frac{2 \times 26,2}{0,3142^2} = 530,8 \text{ мм.}$$

С учетом полученного значения выберем диаметр валка прокатной клетки равным 550 мм.

Необходимо проверить, выдержит ли валок нагрузку. Произведем расчет на прочность. При расчете на прочность прокатный валок рассматривается как балка, лежащая на двух опорах.

Бочку валка проверяют на изгиб. Напряжение кручения в бочке валка не подсчитывают ввиду его незначительной величины по сравнению с величиной изгиба.

Напряжение изгиба не должно превышать допустимого напряжения для данных валков.

Расчёт валка на прочность ведём по первой клетки, как наиболее нагруженной.

Напряжение изгиба бочки валка определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{изг.б}} = \frac{M_{\text{изг.мах}}}{0,1 \times D_6^3},$$

где $M_{\text{изг.мах}}$ – максимальный изгибающий момент, действующий в рассматриваемом сечении, кН·м;

Максимальный изгибающий момент возникает при прокатке в калибре (рисунок 5.2). Он определяется по формуле:

$$M_{\text{изг.мах}} = \frac{P \times x \times (a - x)}{a},$$

где P – усилие при прокатке в данном калибре, кН;

а – расстояние между опорами, м;

х – расстояние от опоры до калибра, м.

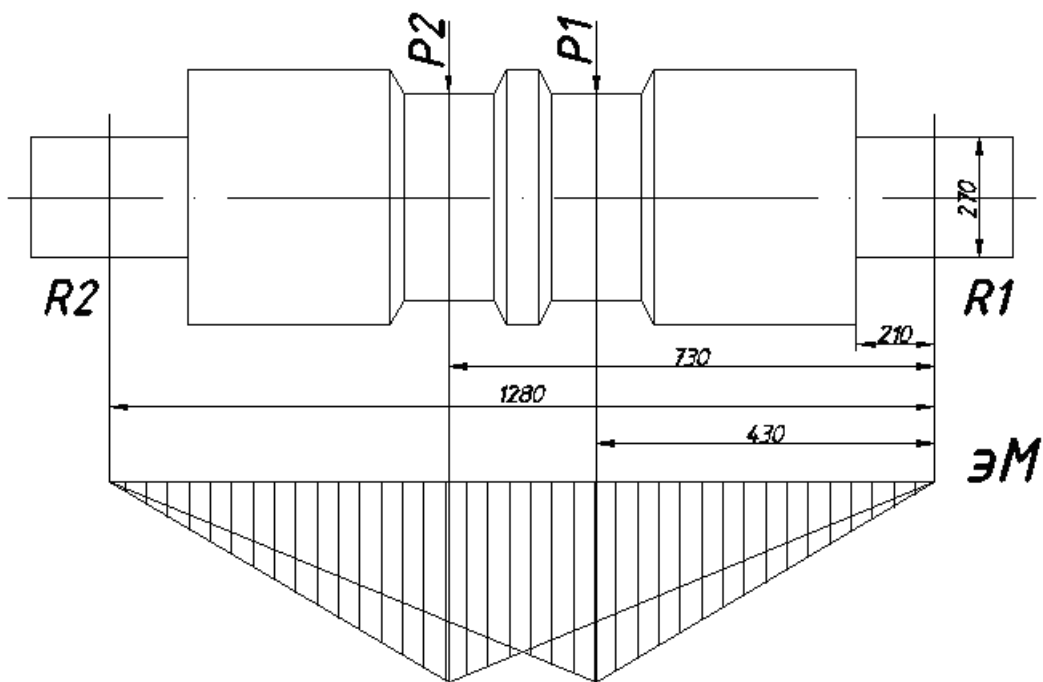


Рисунок 5.2 – Схема для расчета валка на прочность

Определим усилие прокатки по выражению:

$$P = p_c \times F_{\Gamma},$$

где F_{Γ} – горизонтальная проекция площади контакта полосы валками;

p_c – среднее удельное давление.

Среднее удельное давление при прокатке в ящичных калибрах определяется по выражению:

$$p_c = \beta \times n_{\sigma} \times \sigma_{SC},$$

где β – коэффициент Лодэ: для узких полос $\beta=1$, для широких полос $\beta=1,155$;

n_{σ} – коэффициент напряженного состояния.

$$n_{\sigma} = \begin{cases} \left(\frac{l}{h_c}\right)^{-0,4}, & \text{при } \frac{l}{h_c} \leq 1; \\ 0,5 \times \left(\frac{l}{h_c} + \frac{h_c}{l}\right), & \text{при } 1 < \frac{l}{h_c} \leq 2; \\ \left(0,75 + 0,25 \times \frac{l}{h_c}\right), & \text{при } 2 < \frac{l}{h_c} \leq 4; \\ \left(1 + 0,25 \times \frac{l}{h_c}\right), & \text{при } \frac{l}{h_c} > 4, \end{cases}$$

где l – длина очага деформации, мм, определяется по формуле:

$$l = \sqrt{(h_0 - h_1) \times R_B},$$

где R_B – радиус валка по вершине калибра, мм, определяется по формуле:

$$R_B = \frac{D_6}{2},$$

h_c – средняя высота в очаге деформации, мм, определяется по формуле:

$$h_c = \frac{h_0 + h_1}{2},$$

Подставив значения, получим:

$$h_c = \frac{120 + 94}{2} = 107 \text{ мм};$$

$$R_B = \frac{456}{2} = 228 \text{ мм};$$

$$l = \sqrt{(120 - 94) \times 228} = 77 \text{ мм},$$

$\frac{l}{h_c} = 0,009$ значит, для определения коэффициента напряженного состояния

воспользуемся формулой:

$$n_{\sigma} = \left(\frac{l}{h_c}\right)^{-0,4}$$

Подставив значения получим:

$$n_{\sigma} = \left(\frac{77}{107}\right)^{-0,4} = 1,141.$$

Среднее сопротивление деформации σ_{SC} при прокатке в каждом проходе может быть определено по формуле:

$$\sigma_{SC} = K_b \times K_0 \times U_C^{K_u} \times (10 \times \varepsilon_c)^{K_\varepsilon} \times \left(\frac{t}{1000}\right)^{-K_t},$$

где K_0 – базовое сопротивление деформации, определяемое при $U_C = 1 \text{ с}^{-1}$, $\varepsilon_c = 0,1$, $t = 1000^\circ\text{C}$, МПа;

K_u , K_ε , K_t , – коэффициенты учета влияния скорости деформации, степени деформации и температуры на сопротивление деформации, соответственно;

ε_c – средняя степень деформации;

U_C – средняя скорость деформации, 1/с.

Произведем расчет для наиболее часто используемой марки стали Ст3

$$K_b \times K_0 = 84,19;$$

$$K_u = 0,130;$$

$$K_\varepsilon = 0,170;$$

$$K_t = 3,62.$$

Средняя скорость деформации вычисляется по формуле:

$$U_c = 0,105 \times n_B \times \sqrt{\varepsilon \times \frac{R_B}{h_0}},$$

где n_B – число оборотов валков, об/мин;

R_B – радиус валка по вершине калибра, мм;

ε – степень деформации;

h_0 – высота полосы до прохода, мм.

Степень деформации для системы ящичных калибров вычисляется по формуле:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{h_1}{h_0}\right),$$

где h_0 – высота полосы до прохода, мм;

h_1 – высота полосы после прохода, мм.

Вычислим степень деформации:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{94}{120}\right) = 0,217 \text{ мм.}$$

Полученное значение подставим в формулу (3.29):

$$U_c = 0,105 \times 73,3 \times \sqrt{0,217 \times \frac{228}{120}} = 4,9.$$

Средняя степень деформации находится по формуле:

$$\varepsilon_c = \frac{2}{3} \times \varepsilon,$$

и равна:

$$\varepsilon_c = \frac{2}{3} \times 0,217 = 0,145.$$

Найдем среднее сопротивление деформации по формуле

$$\sigma_{SC} = 84,19 \times 4,9^{3,62} \times (10 \times 0,145)^{3,62 \varepsilon} \times \left(\frac{1000}{1000}\right)^{-3,62} = 30 \text{ кПа.}$$

Найдем среднее удельное давление при прокатке в ящичных калибрах по формуле $p_c = \beta \times n_\sigma \times \sigma_{SC}$:

$$p_c = 1 \cdot 1,099 \cdot 30000 = 32,9 \text{ кПа.}$$

Определим усилие прокатки по формуле $P = p_c \times F_T$:

$$P = 32900 \cdot 59,3 = 554,8$$

Найдем максимальный изгибающий момент.

$$M_{\text{изг.мах}} = \frac{554,8 \times 0,43 \times (1,28 - 0,43)}{1,28} = 158,42 \text{ кН} \times \text{м,}$$

$$M_{\text{изг.мах}} = \frac{554,8 \times 0,73 \times (1,28 - 0,73)}{1,28} = 174 \text{ кН} \times \text{м,}$$

$$\sigma_{\text{изгиб}} = \frac{158,42}{0,1 \times 0,55^3} = 9,5 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{\text{изгиб}} = \frac{174}{0,1 \times 0,55^3} = 10,4 \text{ МПа.}$$

Для кованых валков из углеродистой стали, имеющей $\sigma_b = 600 - 650 \text{ МПа}$, допустимое напряжение при запасе прочности $n = 5$ равно $[\sigma] = 120 - 130 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{\text{изг.б}} \leq [\sigma]$$

Условие выполняется.

При расчете шейки валка на прочность, проверяют ее на изгиб и кручение.

$$\sigma_{\text{изг.ш}} = \frac{P \times 2 \times l_{\text{ш}}}{0,4 \times d_{\text{ш}}^3},$$

где $l_{\text{ш}}$ и $d_{\text{ш}}$ – соответственно длина и диаметр шейки, м.

$$\sigma_{\text{изг.ш}} = \frac{554,8 \times 2 \times 0,41}{0,4 \times 0,27^3} = 57,7 \text{ МПа.}$$

Напряжение кручения определяется по формуле:

$$\tau_{\text{кр.ш}} = \frac{M_{\text{ш}}}{0,2 \times d_{\text{ш}}^3},$$

где $M_{\text{ш}}$ – крутящий момент, прикладываемый к шейке со стороны привода, кН·м.

$$\tau_{\text{кр.ш}} = \frac{26,825}{0,2 \times 0,27^3} = 6,8 \text{ МПа.}$$

Результирующее напряжение для стальных валков определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{рез}} = \sqrt{\sigma_{\text{изг.ш}}^2 + 3 \times \tau_{\text{кр.ш}}^2},$$
$$\sigma_{\text{рез}} = \sqrt{57,7^2 + 3 \times 6,8^2} = 58,8 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{\text{рез}} \leq [\sigma]$$

Условие выполняется.

Как видно из приведенных расчетов, клеть с диаметром валка 550 мм подходит для наших условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе предложен технологический процесс прокатки профилей из заготовки повышенного сечения на проволочном стане 250 ПАО «ЧМК».

Выполнен расчёт калибровки валков из заготовки повышенного сечения, который показал, что за два прохода из непрерывно-литой заготовки 120×120 мм мы получим заготовку квадрат 100×100 мм. Представлен вариант реконструкции стана с добавлением двух дополнительных клеток, рассмотрен вариант расположения двух клеток, выбран размер и тип данных клеток и проведен проверочный расчёт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Plant layouts and reference list // Pomini – 1978. –128 p.
2. Extension of wire rod line for Byelarussian steel works (BMZ), Sholdin, Belarus// VAI Rolling Technology. – 1998. 8p.
3. Foley J. D., Goldsmith D. S. Ivaco Rolling Mills. – Modernization // Iron and Steel Engineer. – 1999. №4. – P. 48–50.
4. <http://www.dilerhld.com>
5. <http://celik.org.tr/en/icdas-celik-enerji-tersane-ve-ulasim-san-a-s/>
6. Жучков С. М. Современные проволочные станы. Тенденции развития технологии и оборудования / С.М. Жучков, А.А. Горбанев // ОАО «Черметинформация». Бюллетень «Чёрная металлургия», 2006. – № 7. – С. 30-42.
7. Бахтинов В.Б. Технология прокатного производства: учебное пособие для техникумов / В.Б. Бахтинов. – М.: Металлургия, 1983.