

Министерство образования и науки 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

«_____» _____ 2018 г.

Тема работы: «Реконструкция стана ДУО 1400 ООО НПО «РосАнтикор» с целью расширения сортамента»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-22.03.02-2018-086-00.00.00 ПЗ**

*Руководитель работы:
доцент, к.т.н.*

_____ / А.П. Пелленен /
«_____» _____ 2018 г.

*Автор работы
студент группы П-438*

_____ / А.Ю. Бабинцев /
«_____» _____ 2018 г.

Челябинск

2018

АННОТАЦИЯ

Бабинцев А.Ю. Реконструкция стана ДУО 1400 ООО НПО «РосАнтикор» с целью расширения сортамента. – Челябинск: ЮУрГУ, П-438; 2018, 54 с. 17 ил., 17 табл., библиограф. список – 7 наим., 4 листов чертежей ф. А1.

Данная выпускная квалификационная дипломная работа выполнена с целью расширения сортамента стана ДУО 1400 ООО НПО «РосАнтикор».

В дипломной работе описаны основные сведения о производстве и технологии получения проката, оборудование для прокатки листов, и резки листов на мерные длины.

Проведен анализ возможности получения листового проката с использованием оборудования ООО НПО «РосАнтикор». Приведены чертежи стана ДУО-1400, линии привода, и валкового узла для варианта КВАРТО.

Проведен расчет энергосиловых параметров и прочностной расчёт валкового узла при листовом прокате на стане ДУО 1400.

На основании существующей технической литературы и технологических процессов листового проката разработана схема проката листа при расчётных режимах обжатия четырёхвалковой клетки и допустимых усилий, и моментов прокатки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ	4
1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛОС В УСЛОВИЯХ ООО НПП «РОСАНТИКОР».....	7
2.КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНА ДУО «1400».....	12
3.ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНА ДУО 1400	14
4.АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНА ДУО «1400».....	16
5.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДЛАГАЕМОГО УЗЛА. ВЫБОР ВАРИАНТА ПРИВОДА ВАЛКОВ.....	22
6.РАСЧЁТ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОКАТКЕ ПЛАНИРУЕМОГО СОРТАМЕНТА.....	25
7.ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЁТЫ ВАЛКОВОГО УЗЛА	
7.1 Подбор подшипников качения [1].....	40
7.1 Расчёт валков на статистическую прочность [7].....	45
8.ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАТКИ ПОЛОС НА СТАНЕ ДУО «1400» ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	52

ВЕДЕНИЕ

Черный и цветной металлопрокат сегодня широко применяется в самых разных сферах деятельности человека — от строительства до радиоэлектроники и отраслей, связанных с высокими технологиями. При этом спросом пользуется прокат как тяжелых металлов, к которым относится медь, свинец и олово, так и легких металлов и их сплавов — алюминия, магния или титана. Самым же востребованным металлопрокатом в разных отраслях промышленности являются изделия, в основе которых лежит медь, свинец и алюминий.

Одной из главных характеристик всех изделий, относящихся к цветному металлопрокату, является высочайшее качество их поверхности. Именно поэтому слитки и заготовки из цветных металлов перед прокатом подвергают специальной обработке с использованием фрезерного или токарного оборудования. Кроме того, процесс подготовки слитка к прокату может включать в себя и высокотемпературное воздействие — например, в том случае, если металл отличается небольшой пластичностью [3].

В большинстве случаев перед началом прокатных операций металлические слитки разогревают, но существует определенная категория металлов, которые прокатывают в холодном виде. К таким металлам относятся, например, свинец, бронза и произведенная на ее основе латунь. Причина такого подхода к прокату конкретно этих металлов кроется в том, что высокая температура способствует их разрушению.

Некоторые цветные металлы, отличающиеся высокими показателями по пластичности (например, алюминий и дюралюминий), могут подвергаться обработке как в горячем, так и в холодном виде. При прокате алюминиевой заготовки в горячем виде ее разогревают до 480 °С — этого достаточно для того, чтобы подвергнуть алюминий любому виду обработки. А при работе с дюралюминием требуется еще более низкая температура — максимум 450 °С.

При прокате цветных металлов необходимо учитывать и их точный химический состав – от этого зависят некоторые характеристики заготовок. Например, если в составе алюминия имеется железо или кремний (даже если их количество не превышает 1% от общей массы металла), его пластические характеристики существенно снижаются.

Одно из главных требований, предъявляемых к горячему металлопрокату – это точное соблюдение температуры и условий, в которых осуществляется обработка заготовок.

Например, при прокатке цинка металл необходимо разогреть до температуры в 180 °С, следя при этом, чтобы температура не выходила за этот предел, так как это приведет к резкой потере цинком пластичности.

А вот прокатку меди можно осуществлять при температуре в 850 – 900 °С, но при этом в плавильной печи должна присутствовать окислительная атмосфера, так как восстановительная атмосфера придает меди хрупкость.

При прокатке жаропрочных сплавов и сталей рекомендуемый режим термической обработки - нагрев до 1150-1200 °С, выдержка листа 10 минут.

Жаропрочные сплавы и стали- материалы, работающие при высоких температурах в течение заданного периода времени в условиях сложно-напряженного состояния и обладающие достаточным сопротивлением к коррозии в газовых средах.

Для жаропрочных сплавов и сталей основным полезным свойством с практической точки зрения является способность материала выдерживать механические нагрузки в условиях высоких температур. Существуют различные схемы нагружения жаропрочных материалов: статические растягивающие, изгибающие или скручивающие нагрузки, термические нагрузки вследствие изменений температуры, динамические переменные нагрузки различной частоты и амплитуды, динамическое воздействие скоростных газовых потоков на поверхность. При этом указанные материалы должны выдерживать соответствующий тип нагружения.

Основным практически полезными свойствами жаростойких сталей и сплавов является коррозионная стойкость материала в газовых средах при высоких температурах.

В то же время, с точки зрения производства готовых изделий важную роль играют технологические свойства. При создании деформируемых сплавов необходимо обеспечить достаточную технологическую пластичность при обработке давлением, в том числе при температурах 700-800 °С, а литые сплавы должны иметь удовлетворительные литейные свойства (жидкотекучесть, пористость).

Указанные материалы применяются при изготовлении деталей ракетно-космической техники, в газовых турбинах двигателей самолетов, кораблей, энергетических установок, в нефтехимическом оборудовании. К таким деталям можно отнести рабочие лопатки, турбинные диски, кольца и другие элементы газовых турбин, а также камеры сгорания, узлы деталей печей и прочих изделий, длительно работающих при повышенных температурах. Диапазон рабочих температур, как правило, составляет 500-1350 °С. Полуфабрикаты из некоторых сплавов используются в качестве присадочного материала при сварке.

1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛОС В УСЛОВИЯХ ООО НПП «РОСАНТИКОР».

Настоящее предприятие ООО НПП "РосАнтикор" методами горячей и холодной прокаткой изготавливает полосы из свинцовых, цинковых, медно-никелевых, титановых сплавов [3].

Из прокатного оборудования имеются два реверсивных двухвалковых стана 1400, имеющие практически одинаковые технические характеристики, а также двухвалковый стан 1000 фирмы "Шлеманн-Зимаг" (ФРГ), который в настоящее время не используется из-за имеющихся конструктивных недостатков (неревверсивный, отсутствует система регулирования скорости прокатки).

Для прокатки свинцовых и цинковых полос в качестве заготовки используются слябы размерами 100х600х1000 мм. Химсостав свинцовых и цинковых сплавов, получаемых в ООО НПП "РосАнтикор", приведены в таблицах.1,2,3,4,5 [5].

Таблица 1-Химический состав в % для сплава С1.

Fe	Cu	As	Pb	Zn	Ag	Sb	Bi	Sn	Примеси
До	До	До	Min	До	До	До	До	До	Всего
0,001	0,001	0,0005	99,985	0,001	0,001	0,001	0,006	0,0005	0,002

Таблица 2-Химический состав в % для сплава С2.

Fe	Cu	As	Pb	Zn	Ag	Sb	Bi	Sn	Примеси
До	До	До	Min	До	До	До	До	До	Всего
0,002	0,001	0,002	99,95	0,001	0,0015	0,005	0,03	0,002	0,05

Таблица 3-Химический состав в % для сплава СЗ.

Fe	Cu	As	Pb	Zn	Ag	Sb	Bi	Sn	Примеси
До	До	До	Min	До	До	До	До	До	Всего
0,005	0,002	0,003	99,9	0,001	0,002	0,005	0,06	0,002	0,1

Таблица 4-Химический состав в % для сплава Ц0.

Fe	Cu	As	Pb	Zn	Al	Cd	Sn	Примеси
До	До	До	Min	До	До	До	До	Всего
0,005	0,001	0,0005	0,013	99,975	0,005	0,004	0,001	0,025

Таблица 5-Химический состав в % для сплава Ц1.

Fe	Cu	As	Pb	Zn	Al	Cd	Sn	Примеси
До	До	До	Min	До	До	До	До	Всего
0,01	0,002	0,0005	0,02	99,95	0,005	0,01	0,001	0,05

Слябы получают путем расплавления поступающих со стороны чушек весом по 30-50 кг. Нагрев металлов осуществляется в тигельных печах электросопротивления. Температура плавки свинцовых сплавов 330⁰С, цинковых - 420⁰С. Расплавленный металл разливается в изложницы.

После остывания слябов до 100 - 120⁰С они укладываются поштучно при помощи крана на рольганг стана ДУО 1400 (Рисунок 1).

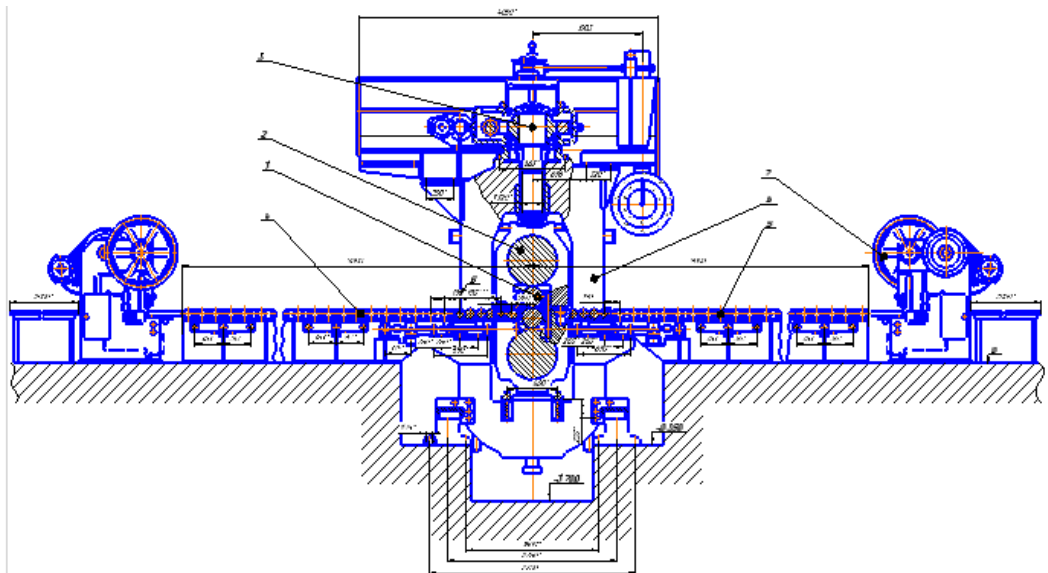


Рисунок 1 Общий вид стана ДУО 1400

Если температура слэбов меньше температуры начала прокатки, то они подвергаются предварительному подогреву в камерной электропечи с выдвижным подом. Камерная печь установлена рядом с левым рольгангом стана. Максимальная температура нагрева печи 1100°C , потребляемая мощность 70 кВт.

Как правило, в первых двух проходах проводится прокатка слэбов с разворотом на 90° для получения ширины полосы 1050-1100 мм. При этом суммарная вытяжка слэба составляет 1,75 - 1,8. Прокатка ведется по режиму 100 - 80 - 55 мм. После получения требуемой ширины полосы, производится ее прокатка до требуемых толщин. Наиболее востребованные в настоящее время размеры свинцовых и цинковых полос 10x1000x1500 мм. Из одного слэба получается по четыре полосы требуемых размеров. Прокатка полос до толщины 10 мм производится за три прохода по режимам: 55-35-25-10 мм. До требуемых толщин прокатка полос осуществляется без промежуточного нагрева.

В последнее время на стане ДУО 1400 изготавливают свинцовые полосы толщиной 4 мм для последующей прокатки фольги толщиной до 0,025 мм в условиях ЮУрГУ.

Основным видом дефектов при прокатке свинцовых и цинковых полос являются плены. Причиной образования плен на поверхности полос является несовершенство технологии разливки и получения слябов. Разливка металла в изложницы осуществляется вручную, что и приводит к появлению плен. Выход годного от заготовки при прокатке свинцовых и цинковых полос составляет не менее 85%. Отходы затем используются непосредственно на предприятии для выплавки новых партий слябов.

Для прокатки медных полос используются плиты размерами 80x350x500 мм. Медные плиты марки М1, химсостав которых приведен в таблице 6, [5] получают на предприятии ООО НПП "РосАнтикор" в горизонтальной машине непрерывной разливки. Перед прокаткой медные плиты весом до 105 кг нагреваются до температуры 950⁰С в камерной печи в окислительной атмосфере в течение 2 часов. Затем осуществляется прокатка [3].

Таблица 6-Химический состав в % для сплава М1

Sn	S	O	Zn	P	Ag	Медь Не менее
0,002	0,004	0,05	0,004	-	0,003	99,90

Как и при прокатке свинцовых и цинковых полос, первоначально в четырех проходах проводится прокатка для получения полос шириной до 600 мм. Прокатка полос производится по режимам 80 - 70 - 60 - 50 - 45 мм. В процессе прокатки снижается температура полос. При этом возрастает сопротивление деформации материала и усилие прокатки. Чтобы обеспечить производительную прокатку полос, проводится их промежуточный подогрев

в камерной печи до температуры 650⁰С. Подогрев полос проводится в толщинах 45 и 20 мм. При этом полосы с толщины 45 мм до толщины 5 мм прокатываются по режимам 45 - 30 - 20 - 10 -5 мм.

В последнее время предприятие ООО НПП "РосАнтикор" проводит работу по прокатке на стане дуо 1400 титановых сплавов марки ВТ1-0, ВТ 6 из давальческого сырья. Исходные размеры полос 10x500x700 мм. Из-за высоких усилий при прокатке титановых полос требуется их подогрев до температуры 820-850⁰С. Нагретые полосы прокатывают по режимам 10 - 8 -6 - 5 мм.

Получаемые на стане дуо 1400 полосы нарезаются на требуемые размеры на гильотинных ножницах, которые установлены в конце рольгангов.

2.КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНА ДУО «1400».

Как отмечалось в разделе 2 в составе ООО НПП "РосАнтикор" имеются практически одинаковые два двухвалковых стана дуо 1400. Техническая характеристика станов следующая:

Диаметр рабочих валков ,мм	- 710 ;
Длина бочки валков , мм	- 1400 ;
Максимальное усилие прокатки, МН	- 6;
Максимальный крутящий момент, МН*м	- 1,5;
Общая масса рабочей клетки, т	- 910;
Расстояние между осями нажимных винтов, мм	- 2000;
Диаметр шейки валка, мм	- 480;
Длина шейки валка, мм	- 568;
Опоры валка выполнены на подшипниках качения №1077996[];	
Материал валка	- чугун ЛПХНМА-74;
Скорость прокатки, м/с	- 1,0;
Нажимное устройство	- электромеханическое;
Общая длина стана, м	- 22;
Расстояние от рабочих валков до поперечной резки, м	- 10.

Схема стана 1400 приведена на рис.. В составе оборудования стана имеются два рольганга, которые установлены слева и справа от рабочей клетки.

В конце рольгангов установлены гильотинные ножницы с нижним резом. Максимальная длина реза ножниц - 2000 м, а максимальная высота разрезаемых полос - до 10 мм.

Привод валков осуществляется от двигателя постоянного тока МП630-63 У2 мощностью 630 кВт и скоростью вращения – 1500 об/мин. В линии привода валков имеется шестеренная клеть и шпиндельное устройство для передачи крутящего момента к рабочим валкам. Для вращения валков используются универсальные шпиндели.

Как правило, прокатка полос на стане ДУО 1400 осуществляется с подачей смазки, которая наносится на бочки рабочих валков вручную перед прокаткой (или перед проходом).

Имеющееся на стане нажимное устройство позволяет изменять зазор между валками в диапазоне 0-90 мм. Регулирование межвалкового зазора, скорости прокатки, направление прокатки (левое или правое), пуск и останов стана, осуществляется с поста управления станом. Отмеченные параметры выводятся на дисплей пульта управления.

В процессе прокатки под действием усилия прокатки рабочие валки изгибаются, что приводит к образованию волнистости на краях кромок полос. Особенно это наблюдается при прокатке относительно тонких полос, толщиной 5 - 8 мм и шириной 800-1000 мм.

Для компенсации изгиба валков в процессе прокатки применяется станочная профилировка валков. Величина станочной профилировки - 0,06 - 0,12 мм.

Одним из недостатков конструкции стана дуо 1400 является применение чугунных валков, которые имеют относительно низкую твердость по сравнению с стальными валками. В результате сплющивания рабочих валков в очаге деформации увеличиваются усилия прокатки, что ограничивает вытяжку полосы в проходе, особенно при холодной прокатке. Это не позволяет использовать стан ДУО 1400 в существующем варианте конструкции для прокатки прочных сталей и сплавов.

3. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНА ДУО 1400

К совершенствованию действующих прокатных станов относятся повышение производительности, уменьшение трудоемкости в работе стана и обслуживающих его участков, улучшение качества проката и технико-экономических показателей работы (расхода энергии, топлива, валков, воды и т. д.) и обеспечение снижения себестоимости и высокая производительность труда. Энергоемкость прокатных цехов в общем энергетическом балансе завода высокая, поэтому экономия электроэнергии имеет большое значение. С точки зрения рентабельности завода большую роль играет выпуск наиболее дорогих и качественных видов проката, являющихся, как известно, более трудоемкими и малопродуктивными.

Конкретные задачи рационализации и реконструкции прокатных станов решают на основе изучения накопленных фактических производственных данных, их анализа и производственных исследований.

Технический прогресс прокатного производства развивается настолько быстро, что объектом рационализации и реконструкции являются не только старые прокатные станы, но и вновь пущенные станы. В прокатном производстве рационализация чаще всего касается режимов нагрева и обжаты, калибровок, скоростного режима, конструкции вспомогательных механизмов, стойкости деталей и узлов оборудования, стойкости валков и арматуры. В результате проведения мероприятий по реконструкции и рационализации становится возможным осуществление высокопроизводительных режимов прокатки, сокращение вспомогательных операций, удлинение межремонтных периодов эксплуатации, внедрение механизации и автоматизации. К мероприятиям по реконструкции относятся коренное изменение конструкций и состава нагревательных, термических устройств, схем прокатки с установкой дополнительных клеток и применение новых схем их расположения, замена главных приводов и вспомогательного оборудования. Имеется много приме-

ров эффективной модернизации и реконструкции действующих станов путем механизации линейных станов, применения принципа полунепрерывной прокатки вместо линейной, периодической и внедрения более совершенного принципа последовательности и непрерывности процесса, замены главных двигателей с резким увеличением их мощности и скорости прокатки.

Анализ сформировавшегося в настоящее время сортамента предприятия ООО НПП "РосАнтикор" показывает, что для выполнения годовой производственной программы требуется практически один из имеющихся станов ДУО 1400. Второй стан практически простаивает в течение значительного времени. Вместе с тем, в последнее с развитием машиностроительного производства требуется все большее количество проката из жаропрочных полос толщиной 0,3 - 1,0.мм. Этот диапазон толщин целесообразно получать холодной прокаткой.

В существующем варианте конструкции стана ДУО 1400 не представляется возможным использовать его для прокатки нового востребованного сортамента. Прокатка полос малопроизводительна, а в ряде случаев вообще невозможна из-за больших усилий прокатки, которые достигают предельных значений для стана ДУО 1400.

4. АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНА ДУО «1400».

В настоящее время зарубежными и отечественными машиностроителями и металлургами разработаны различные компоновки валковых узлов станов холодной прокатки. Четырехвалковые станы представляют собой наиболее распространенное прокатное оборудование для производства холоднокатаного материала. Однако все большее применение получают шести-валковые станы с расположением всех валков в вертикальной плоскости. В клетки четырехвалкового стана расположены четыре валка: два рабочих и два опорных. Процесс прокатки идет между рабочими валками, а опорные усиливают жесткость в клетке, чему способствуют разные виды установки рабочих валков. Обычно опорные валки большего диаметра, чем рабочие. Благодаря этому устраняется прогиб рабочих валков. На четырехвалковых агрегатах приводными валками являются как рабочие, так и опорные валки.

При прокатке узких тонких лент и полос с натяжением применяется привод опорных валков, а при прокатке широких полос, как при реверсивной так и непрерывной прокатке, используется привод рабочих валков.

Чтобы рабочий валок при нереверсивном режиме прокатки прижимался к опорному, что избавляет рабочий валок от прогиба, рабочие валки располагают немного впереди опорных. Валки могут располагаться и без осевого смещения, но тогда опорные имеют двустороннее расположение. Как можно расположить валки в клетке, можно увидеть на Рисунке 2.

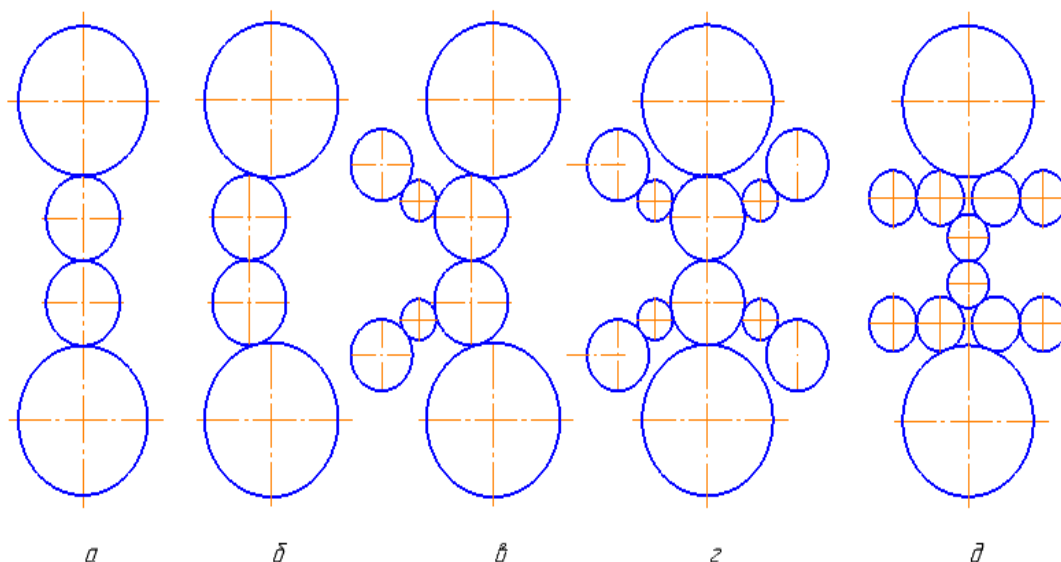


Рисунок 2 Схема расположения валков на стане КВАРТО.

(а,б - применяемые валковые узлы, в,г,д - варианты реконструкции)

По выбору, в зависимости от технологии, те и другие валки на четырехвалковом прокатном агрегате могут быть управляемыми. Лучше делать опорные валки приводными, нежели рабочие. Если соотношение длины валка и диаметра $> 5:1$, то выбираются опорные валки в качестве приводных. На таких клетях прокатывают тонкий материал, где содержание С или Si высокое, нержавейку, т.е. где необходимо создать значительное усилие прокатки.

В процессе прокатки более мягкого материала с приводными опорными валками можно достичь более высокого обжатия.

Станина прокатной клетки несет основные нагрузки, присутствующие во время прокатки. Станины изготавливаются из стального литья. Фундаментные плиты под станины делаются из стали. Специальные стяжные механизмы соединяют станины и придают им дополнительную жесткость. В проемы станин устанавливают опорные валки.

К станинам крепятся вставки, благодаря которым устанавливается позиция подушек рабочих валков и ГНУ. Валки при каждой шлифовке теряют в диаметре. Поэтому внизу, под подушками опорных валков, расположены ме-

ханизмы, которые регулируют позицию валка с новым диаметром после шлифовки относительно линии прокатки.

Верхние подушки опорных валков оснащаются измерителями усилия прокатки. ГНУ регулируют зазор между рабочими валками в очаге деформации.

Подшипники прокатных валков выдерживают очень большие нагрузки [1]. Они располагаются в подушках, которые устанавливаются в проём станины. В подушках опорных валков находятся подшипники жидкостного трения (ПЖТ). Подушки рабочих валков работают на роликоподшипниках (цилиндрических).

В зависимости от нагрузки на опорные валки и скорости процесса прокатки для опорных валков подбирают подшипники. На высокопроизводительных станах прокатки рулонного материала с высокой скоростью процесса (10—15 м/с) подшипники качения прослужат недолго. Поэтому увеличивают диаметры опорных валков, чтобы использовать стандартные роликоподшипники или ПЖТ.

Описанная схема обеспечивает клетям КВАРТО принципиальные преимущества перед двухвалковыми клетями: с одной стороны – высокую жесткость вертикальной плоскости, создаваемую массивными опорными валками, что позволяет прокатывать полосы с минимальными допусками по толщине, профилю и форме; с другой стороны – возможность прокатывать полосы минимальной толщины благодаря применению рабочих валков с малым диаметром бочки.

Конструкция клеток КВАРТО, используемых для холодной прокатки, имеет ряд особенностей:

Твердость бочки. Рабочие и опорные валки принадлежат к разным группам твердости. Рабочие валки имеют бочку с особо твердым поверхностным слоем (твердость по шкале ШораHSh=90-105 ед.), характеризуемым минимальным износом и незначительными упругими деформациями, без чего не-

возможна точная прокатка тонких полос. Опорные валки имеют бочку с твердым поверхностным слоем (60-85 HSh) и более мягкой и вязкой сердцевиной. Считается, что соотношение твердости бочек опорного и рабочего валков 0,6-0,8 является оптимальным и наиболее приемлемым при эксплуатации клетей КВАРТО.

Малая жесткость валкового узла горизонтальной плоскости, так как в этой плоскости бочка рабочего валка не имеет опоры. В результате, даже небольшие зазоры между подшипниками, подушками и окнами станин, вызванные допусками подвижных посадок и износом, приводят к горизонтальным смещениям вертикальной осевой плоскости рабочих валков относительно опорных, т.е. рабочие валки оказываются в неустойчивом положении, а их оси могут перекашиваться. Это приводит к негативным последствиям работы клетки «кварто»: в валковом узле возникают повышенные вибрации, размер межвалкового зазора подвергается непрогнозируемым колебаниям. Для устранения этих негативных явлений в валковом узле уже на стадии конструирования предусматривают горизонтальное смещение вертикальных осевых плоскостей опорных и рабочих валков относительно друг друга, величину которого e_p необходимо учитывать в энергосиловом расчете.

Работа пары «рабочий валок – опорный валок» происходит по принципу фрикционной передачи, в которой одно звено ведущее (приводное), а второе – ведомое (холостое), причем передача вращения от приводного валка к холостому осуществляется силами межвалкового трения 1-го рода – трения покоя. Если силы сопротивления вращению холостого валка превысят силы трения покоя, начинается пробуксовка (трение покоя переходит в трение скольжения), что для стана холодной прокатки является аварийной ситуацией. Учитывая эту особенность работы валкового узла, при расчете главного привода клетки «кварто» необходимо определять момент, требуемый не только для осуществления процесса прокатки, но и для вращения без пробуксовки относительно холостого валка.

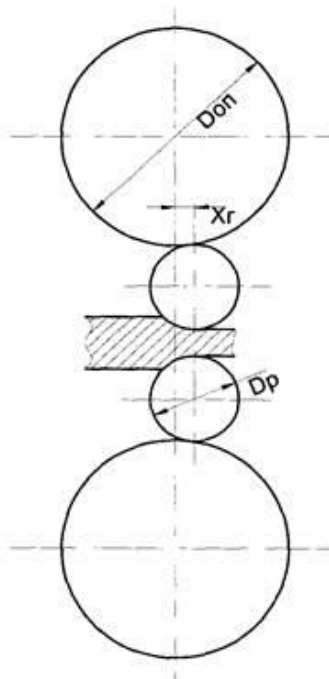


Рисунок 3 Расположение рабочих валков со смещением относительно опорных.

Указанное смещение обеспечивают смещением отверстий в подушках рабочих валков под установку подшипников и регулировочными прокладками между подушками и опорными поверхностями. Сама по себе схема «кварто» еще не гарантирует получения холоднокатаных полос высокой точности. Жесткие допуски на продольную и поперечную разнотолщинность, а также на неплоскостность могут быть обеспечены только наличием в этих клетях эффективных средств настройки, управления и контроля.

Поэтому непрерывные станы холодной прокатки с самого начала их создания оснащали системами и средствами регулирования толщины, профиля и формы полос. Третья особенность клетки «кварто» — соотношение диаметров бочки опорных и рабочих валков $D_{оп}/D_p$ — $2,5 \div 3,5$ и оснащенность системами автоматического регулирования толщины и формы полос (САРПФ), исполнительными механизмами которых служат гидравлические цилиндры изгиба рабочих валков (сокращенно «гидроизгиб»). Сущность воздействия гидроизгиба на очаг деформации схематически показана на рисунке 4.

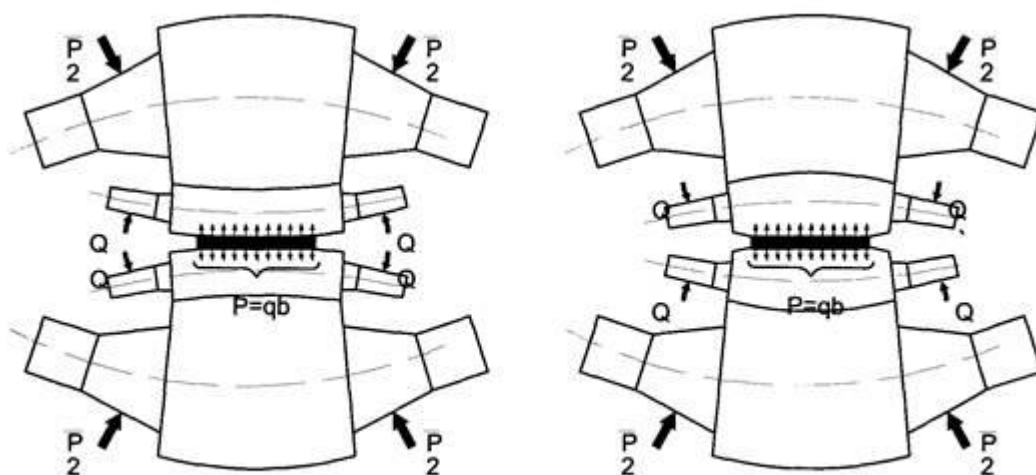


Рисунок 4 - Схемы гидравлического изгиба рабочих валков: а - противоизгиб; б - дополнительный изгиб; P - усилие прокатки; b - ширина полосы; q - погонное усилие прокатки (на единицу ширины полосы); Q - усилие гидроизгиба

В существующих условиях реконструкция стана дуо 1400 с использованием достижений в прокатном производстве не представляется возможным из-за ограниченных финансовых ресурсов предприятия ООО НПП "РосАнтикор", а также особенностей конструкции стана. В связи с этим предлагается на первом этапе проработать и изготовить новый валковый узел кварто без принципиальной модернизации рабочей клетки и привода валков.

5.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДЛАГАЕМОГО УЗЛА. ВЫБОР ВАРИАНТА ПРИВОДА ВАЛКОВ.

При выборе параметров валкового, узла исходят прежде всего из получения требуемой минимальной толщины полосы из планируемого сортамента. Требуемая минимальная в планируемом сортаменте равна 0,3 мм. Исходя из этой толщины полосы определяют максимально возможный диаметр рабочего валка по выражению

$$D_B = 0,26NE_B/(f(1-\nu^2)\sigma_{sc}), \quad (5.1)$$

где N - минимальная толщина полосы в сортаменте (0,3 мм);

E_B - модуль упругости валка (22 000 кг/мм²),

f - коэффициент трения (0,07),

ν - коэффициент Пуассона (0,3),

σ_{sc} - среднее сопротивление деформации полосы (100 σ_{sc} кг/мм²).

По выражению (5.1) диаметр валка равен 269,4 мм. В дальнейшем для компоновки валкового узла примем диаметр валка 270 мм.

Анализ конструкций валковых узлов станков КВАРТО [9] показывает, что отношение диаметра рабочего валка к расстоянию от разъема рабочих валков до верха опорной подушки равно 0,27. В связи с этим, полагая равные габариты подушек опорных валков получаем габарит валкового узла по вертикали 2140 мм. При этом расстояние от верха верхней подушки опорного валка до оси опорного валка составит 400 мм. Таким образом, допустимый диаметр опорных валков с учетом валкового зазора 10 мм составит 640 мм. При этом следует отметить, что длину нажимных винтов следует уменьшить на 150 мм для установки подпятника.

Диаметр шеек рабочих и опорных валков будет определяться конструктивными особенностями подшипников качения. В практике конструирования валковых узлов отношение диаметра шейки и диаметра валка равно 0,55. Таким образом, шейка рабочего валка равна 148,5 мм, а шейка опорного валка -

6. РАСЧЁТ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОКАТКЕ ПЛАНИРУЕМОГО СОРТАМЕНТА.

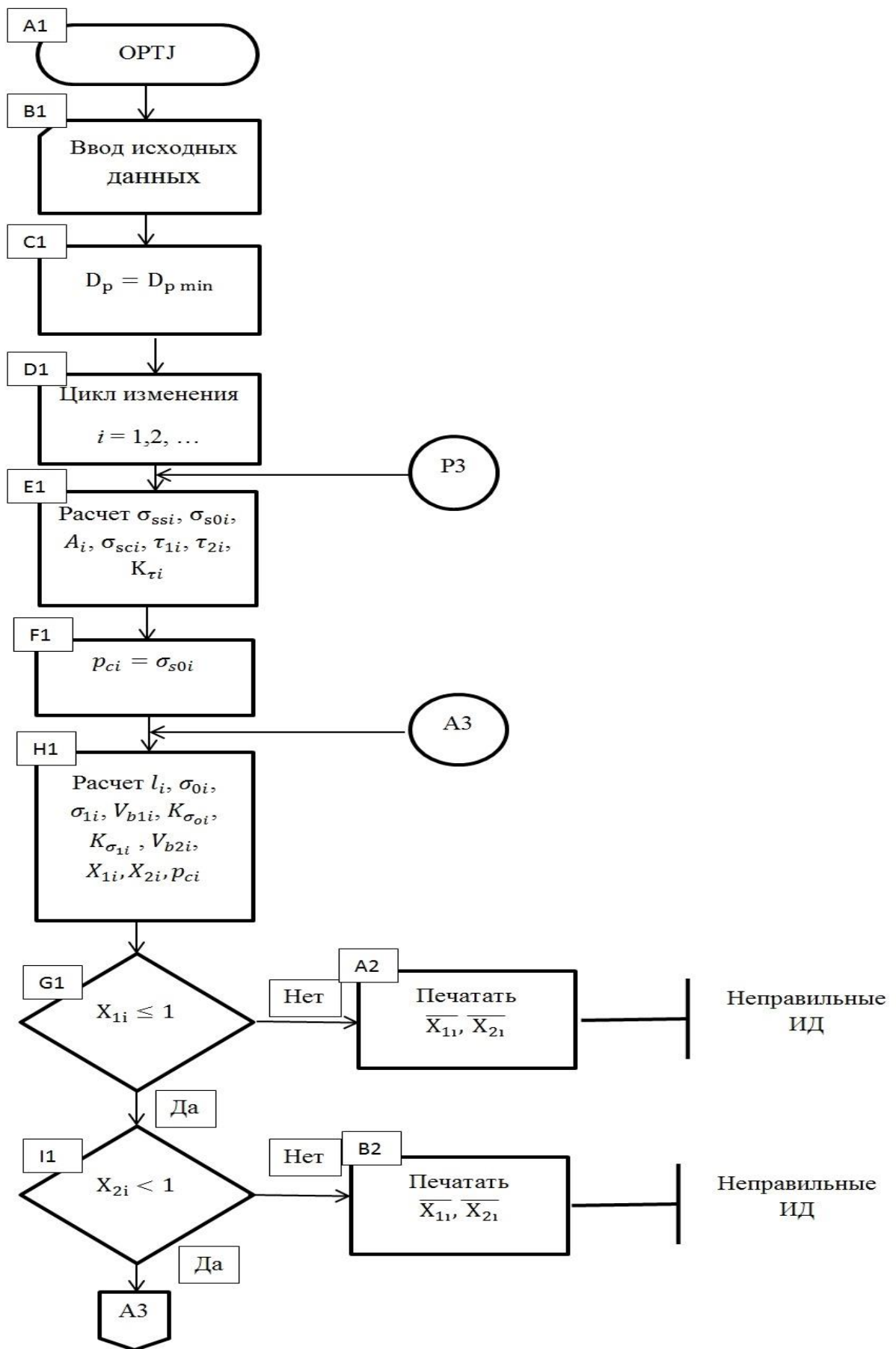
Расчет энергосиловых параметров требуется при выборе компоновки валкового узла и выборе типа стана, а также для определения надежности и долговечности работы различных его элементов и узлов, определения режимов деформации, расчета производительности стана и в целом для оценки эффективности того или иного способа прокатки.

Расчет энергосиловых параметров целесообразно проводить с использованием ЭВМ. На рисунке 7 приведена, разработанная в данном проекте, блок-схема алгоритма расчета энергосиловых параметров.

Блок-схема – распространенный тип схем (графических моделей), описывающих алгоритмы или процессы, в которых отдельные шаги изображаются в виде блоков различной формы, соединенных между собой линиями, указывающими направление последовательности. Правила выполнения регламентируются ГОСТ 19.701-90 "Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения". Стандарт в частности регулирует способы построения схем и внешний вид их элементов.

Для расчета разработанной блок – схемы была использована программа MicrosoftExcel.

Алгоритм рассчитан для определения энергосиловых параметров по проходам при холодной прокатке по заданным режимам обжатий, натяжений, рассогласовании скоростей рабочих валков и различных диаметрах рабочих валков. При симметричных геометрических, физических и кинематических параметрах следует принять $K_R = 1$, $K_V = 1$, $K_\tau = 1$.



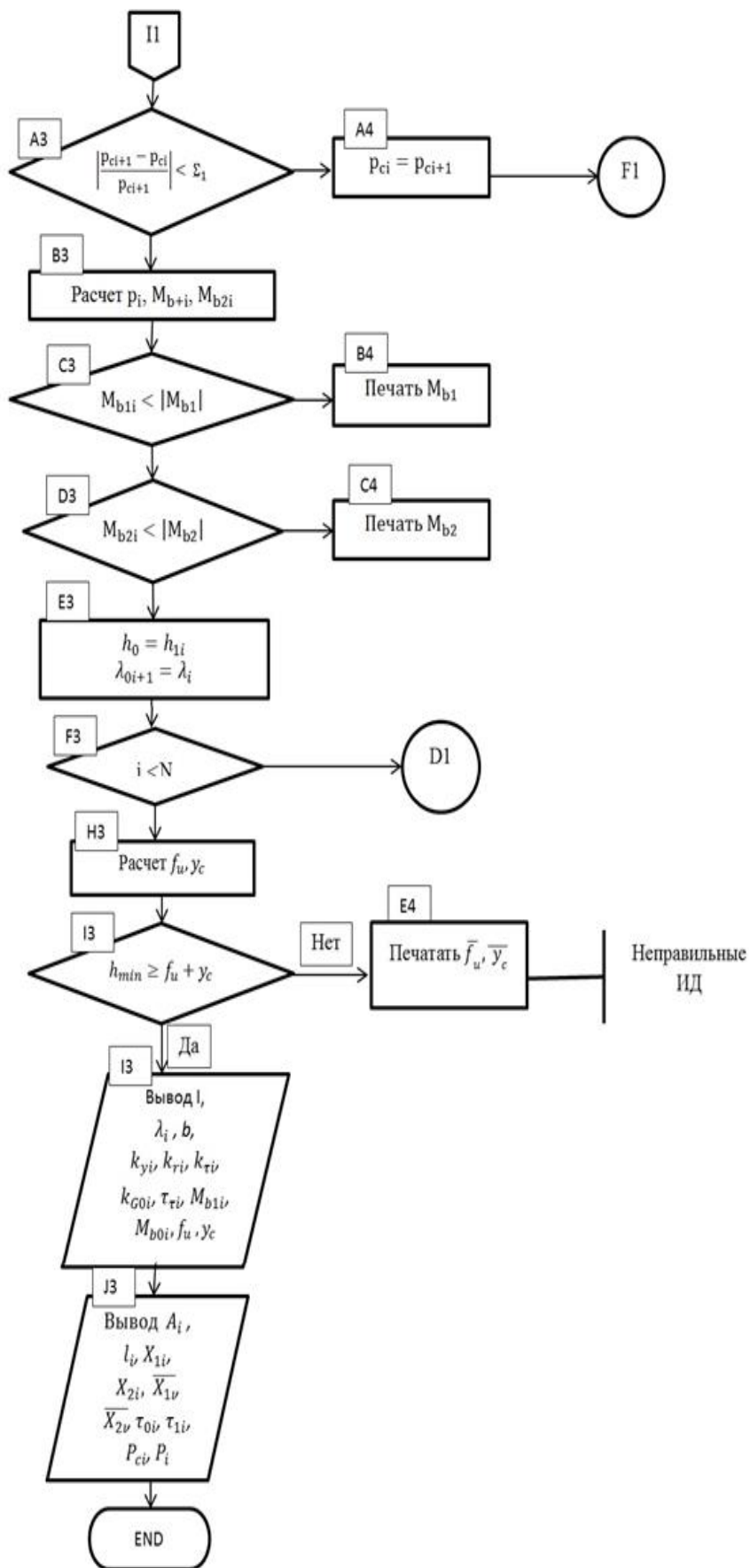


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритма

Расчет начинается с первого прохода. Вычисляются значения геометрических, кинематических и энергосиловых параметров прокатки. Расчеты выполняются методом итераций. Итерационный процесс используется для расчета удельных давлений.

С1 Блок

$$D_p = D_{p\ max} \quad (1.1)$$

Мах допустимый диаметр рабочих валков [2]:

$$D_{max} \leq \frac{0,26h_{min}E_B}{f_i\lambda(1-\nu^2)(\sigma_{sci} - \sigma_{hi})} \quad (1.2)$$

где h_{min} – минимальная толщина полосы в сортаменте;

f_i – коэффициент трения в очаге деформации;

λ – вытяжка полосы в последнем проходе;

σ_{sci} – среднее по очагу деформации сопротивление деформации материала полосы;

σ_{hi} – среднее натяжение полосы;

E_B – модуль упругости материала валка;

ν – коэффициент Пуассона.

В выражении (1.1) σ_{sc} и σ_n равны:

$$\sigma_{sci} = 0,5(\sigma_{s0} + \sigma_{s1}) \quad (1.3)$$

$$\sigma_{hi} = 0,5(\sigma_0 + \sigma_1) \quad (1.4)$$

Здесь σ_{s0}, σ_{s1} – сопротивление деформации материала полосы до и после последнего прохода;

σ_0, σ_1 – удельные заднее и переднее натяжения полосы.

Е1 Блок

Сопротивление металла пластической деформации на выходе и входе в валки, а также коэффициент, характеризующий интенсивность упрочнения металла [2]:

$$\sigma_{s1i} = \sigma_{s00} + \alpha \left(\frac{\lambda\lambda_0 - 1}{\lambda\lambda_0} 100 \right)^n, \quad (2.1)$$

$$\sigma_{s0i} = \sigma_{s00} + \alpha \left(\frac{\lambda_0 - 1}{\lambda_0} 100 \right)^n, \quad (2.2)$$

$$Ai = \frac{\sigma_{s1i} - \sigma_{s0i}}{\sigma_{s0i}} \left(\frac{\lambda - 1}{\lambda} \right), \quad (2.3)$$

где σ_{s00} – сопротивление металла пластической деформации в наклепанном (тожженном) состоянии;

α, n – коэффициенты, определяемые по кривой упрочнения;

$\lambda\lambda_0$ – коэффициенты вытяжки в рассматриваемом проходе, а также на предыдущих стадиях обработки металла (для материалов, прошедших термообработку, следует принять $\lambda_0=1$).

$$\lambda = \frac{h_0}{h_1} \quad (2.4)$$

где h_1, h_0 – толщина полосы на выходе и входе в валки.

Среднее по очагу деформации сопротивление пластической деформации материала полосы:

$$\sigma_{sci} = \frac{(\sigma_{s0i} + \sigma_{s1i})}{2} \quad (2.5)$$

Сила трения на контактных поверхностях в очаге деформации по закону Зибеля:

$$\tau_i = f_i \sigma_{sci} \quad (2.6)$$

где f_i – коэффициент трения на контактных поверхностях в очаге деформации.

Отношение удельных сил трения:

$$K_{\tau i} = \frac{\tau_{1i}}{\tau_{0i}} \quad (2.7)$$

F1 Блок

$$p_{c i} = \sigma_{s0i} \quad (3.1)$$

H1 Блок

Длина очага деформации с учетом сплющивания валков и разных их диаметров Рисунок 8 [1]:

$$l_c = \frac{P_c \cdot R}{9500} + \sqrt{\Delta h \cdot R + \left(\frac{P_c \cdot R}{9500}\right)^2}, \quad (4.1)$$

Где P_c – среднее давление прокатки;

R – радиус валка рабочего;

Δh – абсолютное обжатие.

Удельное заднее натяжение: σ_{0i}

Удельное переднее натяжение [2]:

$$\sigma_{1i} = \sigma_{0i} + 1,15\sigma_{s00} \left((1 + A_i) \ln \lambda - A_i \frac{\lambda - 1}{\lambda} \right) + \frac{l_c}{h_1 \ln \lambda} \left(\tau_{1i} \left(1 + \frac{1}{\lambda} - \frac{2}{\lambda^{x_{\gamma 1i}/l_{ci}}} \right) + \tau_{0i} \left(1 + \frac{1}{\lambda} - \frac{2}{\lambda^{x_{\gamma 0i}/l_{ci}}} \right) \right), \quad (4.2)$$

где A_i – коэффициент, характеризующий упрочнение полосы;

h_1 – толщина полосы на выходе из валков;

τ_{0i}, τ_{1i} – удельные силы трения на рабочих валках, вращающихся с большей и меньшей окружными скоростями;

$x_{\gamma 0i}, x_{\gamma 1i}$ – длина зоны опережения на ведущем и ведомом валках.

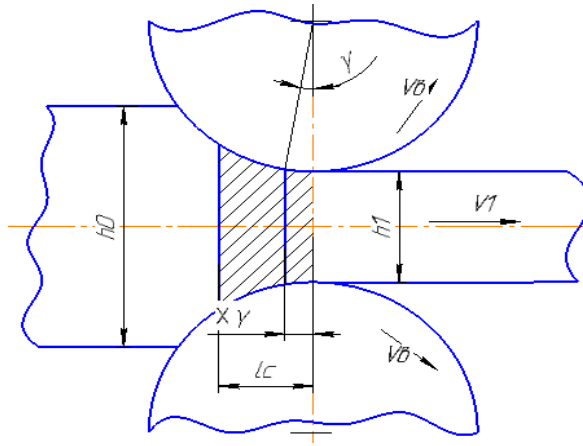


Рисунок 8 - Схема очага деформации.

Окружная скорость валков [2]:

$$V_{B1i} = \frac{V_{1i} h_1 \ln \lambda \left(1,15 \sigma_{s0i} \left((1 + A_i) \ln \lambda - A_i \frac{\lambda - 1}{\lambda} \right) + \sigma_{0i} - \sigma_{1i} \right) + \frac{l_{ci} (\lambda + 1) (1 + K_{\tau i}) \tau_{1i}}{\lambda}}{2 l_{ci} \tau_{1i} \left(1 + \frac{K_{\tau i}}{K_{V i}} \right)}$$

$$V_{B1i} = V_{B0i} \quad (4.3)$$

$$\frac{V_{B1}}{V_1} = \frac{h_1 \ln \lambda}{2 l_c \tau_1 \left(1 + \frac{K_{\tau}}{K_V} \right)} \left(1,15 \sigma_{s0} \left((1 + A) \ln \lambda - A \frac{\lambda - 1}{\lambda} \right) + \sigma_0 - \sigma_1 \right) + \frac{(\lambda + 1) (1 + K_{\tau})}{2 \left(1 + \frac{K_{\tau}}{K_V} \right) \lambda} \quad (4.4)$$

Отношение окружных скоростей валков:

$$K_V = \frac{V_{B1}}{V_{B0}}, \quad (4.5)$$

Отношение сопротивления металла пластической деформации:

$$K_{\sigma 0} = \frac{\sigma_{0i}}{\sigma_{s0i}}, K_{\sigma 1} = \frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{s1i}}, \quad (4.6)$$

Длина зоны опережения на ведущем и ведомом валках, соответственно [2]:

$$x_{1i} = l_{ci} \frac{\ln \left(\frac{V_{1i}}{V_{B1i}} \right)}{\ln \lambda}$$

$$x_{1i} = x_{0i} \text{ (при } K_V = 1 \text{)} \quad (4.7)$$

G1, II Блоки

Если $x_{1i} \leq 1$, а $x_{0i} < 1$, то значения верные, если нет, то нужно изменить обжатие и произвести расчет заново.

$$p_{ci} = 1,15\sigma_{s0} \left(1 + 2A_i - 2A_i \frac{\lambda-1}{\lambda \ln \lambda} - 0,5(1 + A_i) \ln \lambda \right) + \frac{l_{ci}\tau_i}{h_0 \ln^2 \lambda} \left(\frac{2\lambda V_{B1} \ln \lambda}{l_{ci} V_1} \left(\frac{x_{0i}}{K_V} K_\tau + x_{1i} \right) - (1 + K_\tau) \ln \lambda + \frac{2\lambda V_{B1}}{V_1} \left(1 + \frac{K_\tau}{K_V} \right) - (1 + K_\tau)(\lambda + 1) \right) - \sigma_0 \quad (4.8)$$

Сравнить (4.6) с (3.1).

A3 Блок

Сравниваем новое значение P_{ci} с заданным значением:

$$\left| \frac{p_{ci+1} - p_{ci}}{p_{ci+1}} \right| < \varepsilon_p \quad (4.9)$$

A4 Блок

Если условие не выполняется, то:

$$p_{ci+1} = p_{ci},$$

При невыполнении условия формулы (4.7) производится повторный расчет.

B3 Блок

Усилие прокатки [2]:

$$P_i = p_{ci} l_{ci} b, \quad (5.1)$$

где b – ширина полосы.

Крутящий момент [2]:

$$M_{кр.} = M_{пер.} + M_\tau + M_{пр.}, \quad (5.2)$$

Момент потерь на перекачивание валков $M_{пер.}$ Определяется как:

$$M_{пер.} = k \cdot P, \quad (5.3)$$

Где k -коэффициент перекатывания:

$$k = 0,2 \cdot l_k, \quad (5.4)$$

l_k -длина катающего очага деформации.

Момент трения подшипников $M_{пер.}$:

$$M_{т.} = \frac{P_{пр.} \cdot \mu_{пр.} \cdot r_{ш.оп.} \cdot R_p}{R_{оп.}}, \quad (5.5)$$

Где $P_{пр.}$ -усилие прокатки,

$\mu_{пр.}$ -коэффициент трения прокатки (0,002),

$r_{ш.оп.}$ -радиус шейки опорного валка,

R_p -радиус рабочего валка,

$R_{оп.}$ -радиус опорного валка.

Момент прокатки $M_{пр.}$:

$$M_{пр.} = l_c \cdot P_{пр.} \cdot \psi, \quad (5.6)$$

Где l_c -длина очага деформации,

ψ -коэффициент прокатки.

СЗ, ДЗ Блок

Должно соблюдаться условие: $M_{b1i} < |M_{b1}|$

ЕЗ Блок

$$h_0 = h_{1i},$$

$$\lambda_{0i+1} = \lambda_i,$$

Блок

Должно соблюдаться условие изгиба валков, которое представлено на рисунке 9 [2]:

$$h_{min} \geq f_u + y_c,$$

где f_u – суммарная разность прогибов в середине и у края бочки ведущего и ведомого валков;

u_c – суммарная радиальная деформация ведущего и ведомого валков в очаге деформации;

Величина суммарных упругих деформаций валков должна быть меньше толщины листа на выходе из очага деформации. В противном случае прокатка практически невозможна, так как для того, чтобы деформировать лист необходимо преодолеть упругую деформацию валков на краях бочек. В общем случае резко возрастает усилие прокатки и достигает максимально возможного на стане.

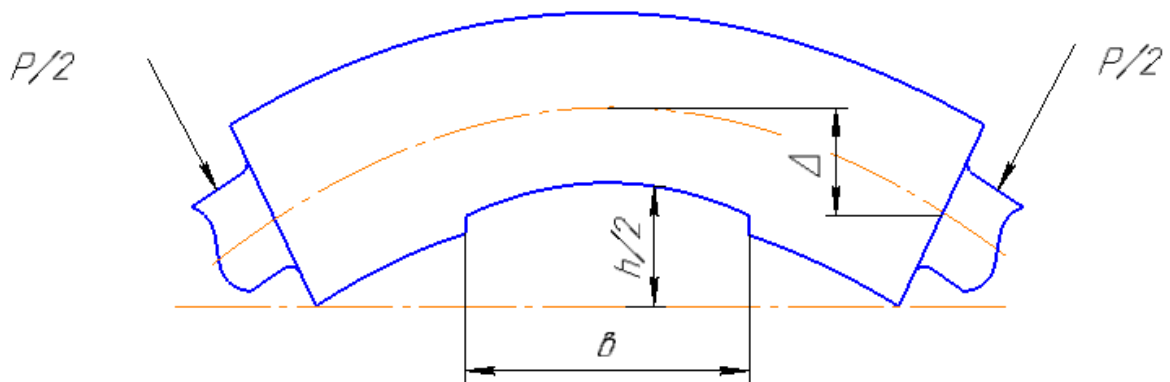


Рисунок 9 – Схема контакта валков на края бочек

b -ширина листа, 700 мм

Если условие не соблюдается, то нужно уменьшить величину вытяжки.

Для стана дуо:

Величина f_{ui} определяется по выражению:

$$f_{ui} = \frac{P_{bi}}{18,8ED_i^4} \left(12 \frac{aL^2}{b} - \frac{8L^3}{b} + b^2 \right) + \frac{1}{\pi GD_i^2} \left(\frac{L}{b} - 0,5 \right) \quad (6.1)$$

где P_{bi} – погонное усилие прокатки ($P_{bi} = P_i/b$);

D_i – диаметр рабочего вала;

E – модуль упругости материала валков.

Суммарная деформация валков в очаге деформации определяется по формуле:

$$y_{ci} = 2 \frac{1-\nu_i^2}{\pi E b} \frac{P_i}{b} \left(\ln \frac{D}{l_{ci}} + 0,407 \right) \quad (6.2)$$

где ν_i – коэффициент Пуассона.

Расчеты показывают, что прокатный стан кварто «1400» позволяет прокатывать листы без превышения допустимых усилий прокатки и крутящих моментов на валках.

1. Осуществляем прокат листа 1x700x1500мм. марки ХН75МБТЮ на холодную в толщину 0,8мм. Используя диаграмму растяжений задаём исходное напряжение металла δ_{02} для расчёта необходимого усилия прокатки заданной толщины. Расчеты, произведенные по блок – схеме приведены в таблице.

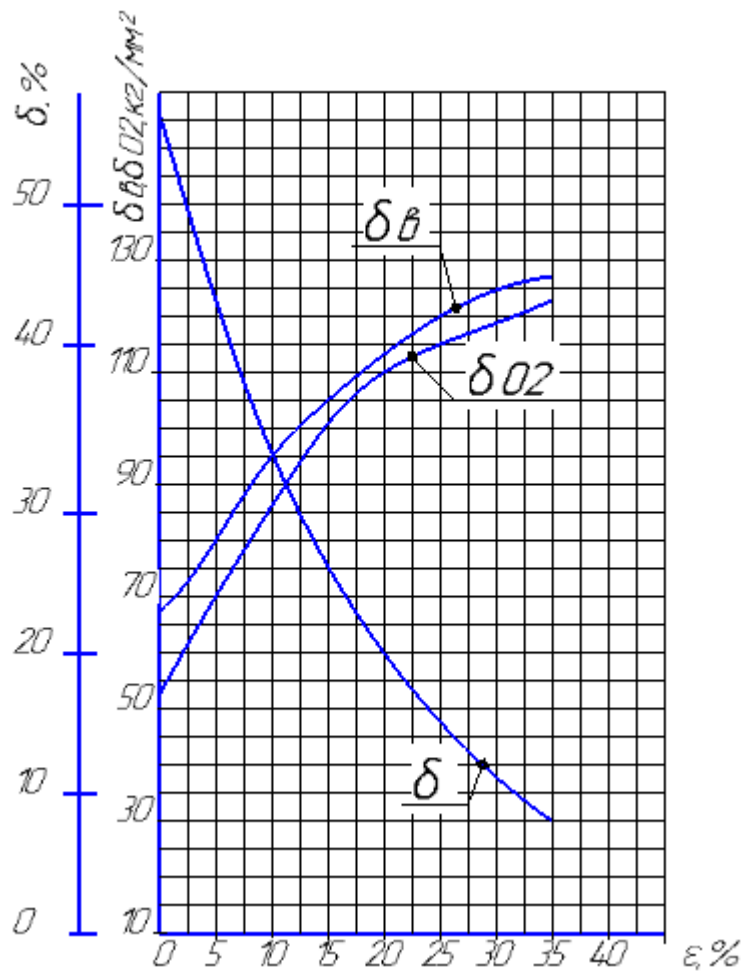


Рисунок 10 - Диаграмма растяжений для сплава ХН75МБТЮ.

$$\delta_{s02} = 54 + 7,3 \cdot e^{0,65} [4],$$

Таблица 7 –металл ХН75МБТЮ.

Номер прохода	H_0 , мм	H_1 , мм	λ	ε_{Σ} , %	σ_{s0} , кг/мм ²	σ_{s1} , кг/мм ²	P_c , кг/мм ²	$P_{пр}$, МН	$M_{кр}$, кН · м
1	1	0,8	1,25	0,2	54	105,17	76,67	3,6	9,77

На основе полученных данных можно сделать вывод, что усилие прокатки $P_{пр}$ и крутящий момент $M_{кр}$ не превышают максимальных значений ($P_{max.пр}=5,8$ МПа, $M_{max.кр}=66,15$ кН·м.) следовательно лист возможно прокатать за один проход.

2. Осуществляем прокат листа 0,8x800x700мм. марки ХН50ВМКТЮР-ИД на холодную в толщину 0,3мм. Используя диаграмму растяжений задаём исходное напряжение металла δ_{02} для расчёта необходимого усилия прокатки заданной толщины. Расчёты, произведенные по блок – схеме приведены в таблице.

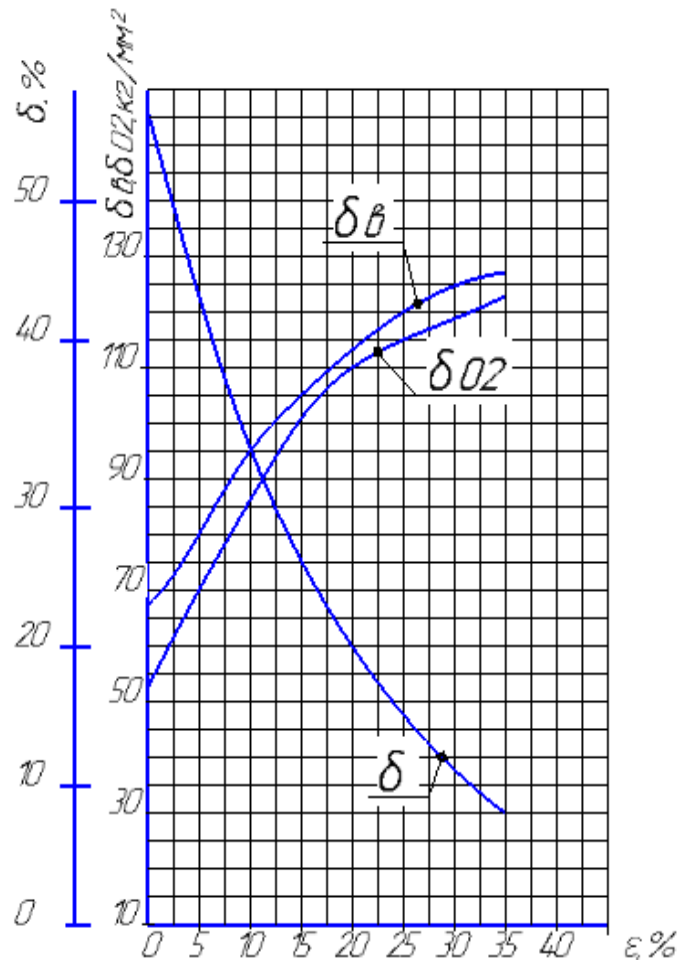


Рисунок 11 - Диаграмма растяжений для сплава ХН50ВМКТЮР-ИД.

$$\delta_{s02} = 54 + 7,3 \cdot e^{0,65} [4],$$

Таблица 8 –металл ХН50ВМКТЮР-ИД.

Номер прохода	H_0 , мм	H_1 , мм	λ	ϵ_{Σ} , %	σ_{s0} , кг/мм ²	σ_{s1} , кг/мм ²	P_c , кг/мм ²	$P_{пр}$, МН	$M_{кр}$, кН · м
1	0,8	0,57	1,4	0,3	54	120,6	90	5,3	14,45

Продолжение Таблицы 8.

2	0,57	0,52	1,1	0,09	90	163,6	113,5	9,2	26,80
отжиг									
1	0,57	0,44	1,4	0,23	54	120	89,6	4,6	12,32
2	0,44	0,3	1,33	0,32	89,6	178,8	134,9	8,4	24,14
отжиг									
1	0,44	0,3	1,33	0,32	54	113,2	82,9	3,2	8,30

После первого прохода необходимо сделать отжиг для снятия внутренних напряжений металла, так как расчётное усилие прокатки для проектного второго прохода превышает допустимое значение $P_{max.пр}=5,8\text{МН}$.

В третьем проходе усилие прокатки $P_{пр}$ и крутящий момент $M_{кр}$ не превышают максимальных значений ($P_{max.пр}=5,8\text{МН}$, $M_{max.кр}=66,15\text{кН}\cdot\text{м}$).

3. Осуществляем прокат листа 0,5x500-700x1200-1500мм. марки ХН78Т на холодную в толщину 0,4мм. Используя диаграмму растяжений задаём исходное напряжение металла δ_{02} для расчёта необходимого усилия прокатки заданной толщины. Расчёты, произведенные по блок – схеме приведены в таблице.

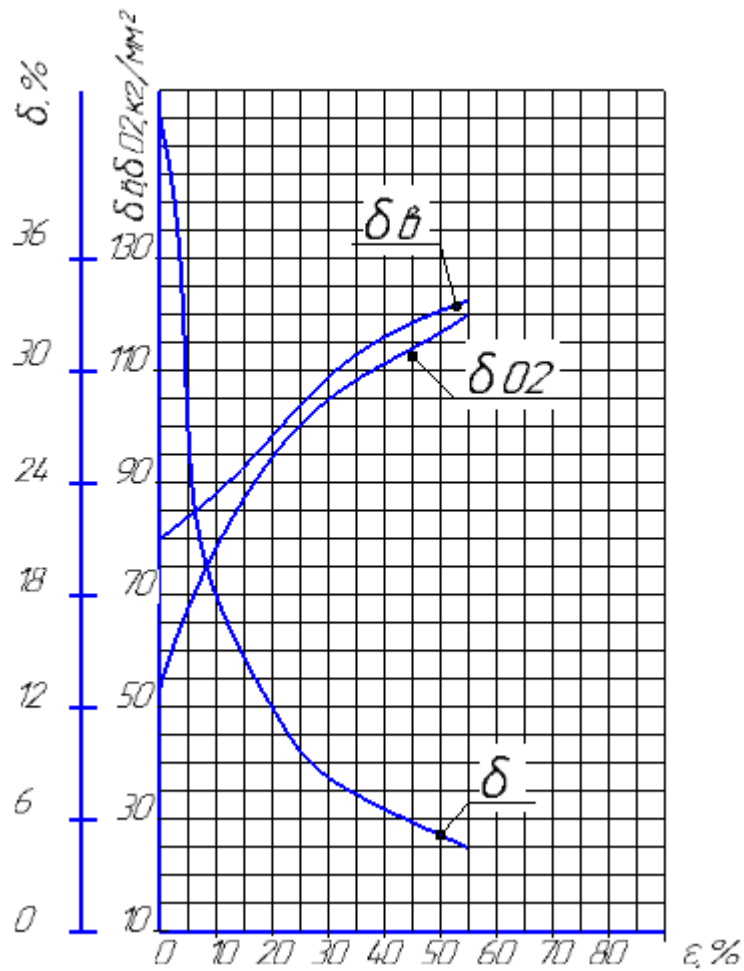


Рисунок 12 - Диаграмма растяжений для сплава ХН78Т.

$$\delta_{s02} = 50 + 7,1 \cdot e^{0,58} [4],$$

Таблица 9 –металл ХН78Т.

Номер прохода	H_0 , мм	H_1 , мм	λ	ε_{Σ} , %	σ_{s0} , кг/мм ²	σ_{s1} , кг/мм ²	P_c , кг/мм ²	$P_{пр}$, МН	$M_{кр}$, кН · м
1	0,5	0,4	1,25	0,2	50	90,35	67,85	2,1	3,90

На основе полученных данных можно сделать вывод, что усилие прокатки $P_{пр}$ и крутящий момент $M_{кр}$ не превышают максимальных значений ($P_{max.пр}=5,8$ МН, $M_{max.кр}=66,15$ кН·м.) следовательно лист возможно прокатать за один проход.

7. ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЁТЫ ВАЛКОВОГО УЗЛА

7.1 Подбор подшипников качения [1]

Рассчитывается рабочая клеть прокатного стана кварто с небольшой максимальной скоростью прокатки - 0,92 м/с при наличии осевых усилий и перекосов посадочных мест подшипников. В таких условиях хорошо работают радиальные роликоконические подшипники.

Ввиду радиальных нагрузок были выбраны роликовые конические четырёхрядные подшипники ГОСТ 8419-75:

Подшипник 77172. Особо легкая серия диаметров 1, нормальной серии ширины Рисунок 13 [7].

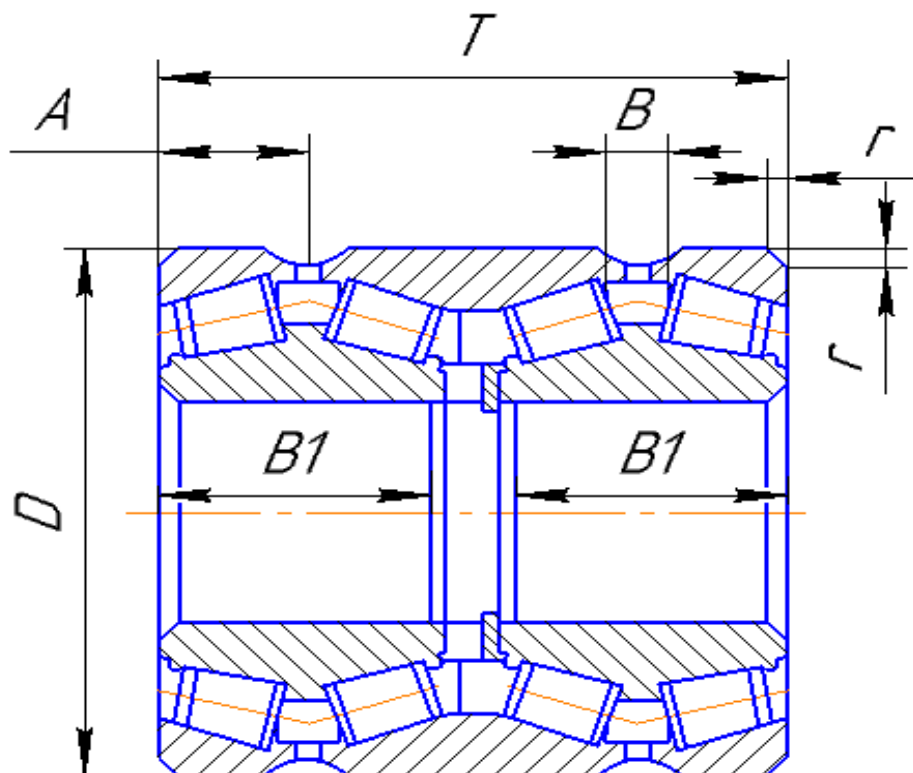


Рис 13 - Роликовый конический четырёхрядный подшипник.

Таблица 10 - Геометрические характеристики подшипника

Условное обозначение	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	A, мм	Масса, кг	B1, мм	T, мм
77172	360	540	35	6	60	250	155	Не более 325

Расчёт подшипников по динамической грузоподъемности.

Эквивалентная нагрузка на подшипник:

$$P = (V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_b \cdot K_T \cdot K_e;$$

где F_r – радиальная нагрузка;

F_a – осевая нагрузка;

X, Y – коэффициенты учитывающие радиальную и осевую нагрузки соответственно, (X=1, Y=2,12)

K_b – коэффициент безопасности, $K_b=2,2$;

K_T – коэффициент температуры, учитывает температуру в зоне работы, т.к. в этих условиях работы температура не более 100°C, то $K_T=1$;

K_e – коэффициент эквивалентности, $K_e=0,8$;

V – коэффициент вращения кольца, примем V=1.

$R_{\text{экв}}$ – эквивалентная радиальная нагрузка на один подшипник:

$$R_{\text{экв.}} = V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a,$$

где F_r – радиальная нагрузка на опоре:

$$F_r = 0,5 \cdot P_{max};$$

Максимальное усилие прокатки $P_{max}=2,6\text{МН}$,

$$F_r = 0,5 \cdot 2,6 \cdot 10^6 = 1,3 \cdot 10^6 (\text{Н}),$$

F_a – осевая нагрузка на опоре. По данным для клетей листового проката «кварто»:

$$F_a = 0,02 \cdot F_r,$$

$$F_a = 0,02 \cdot 1,3 \cdot 10^6 = 26 (\text{кН}),$$

$$R_{\text{экв.}} = 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 10^6 + 2,12 \cdot 0,026 \cdot 10^6 = 1,36 \cdot 10^6 (\text{Н}),$$

$$P = 1,36 \cdot 10^6 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 0,8 = 2,4 \cdot 10^6 (\text{Н}),$$

Определяем долговечность подшипника L (млн оборотов):

$$L = a_{23} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \left(\frac{10^6}{60 \cdot n}\right),$$

Для конических роликоподшипников, в условиях, характеризующихся наличием гидродинамической плёнки масла между контактирующими поверхностями колец и тел качения и отсутствием повышенных перекосов в узле принимаем коэффициент эксплуатации $a_{23} = 0,9$.

Допускаемая динамическая грузоподъемность $C=3120(\text{кН})$.

Частота вращения $n=400(\text{об./мин.})$

Показатель степени для роликовых подшипников 3,33.

Вычисляем расчётное значение динамической нагрузки:

$$L = 0,9 \cdot \left(\frac{3120000}{2,4 \cdot 10^6}\right)^{3,33} \cdot \left(\frac{10^6}{60 \cdot 400}\right) = 90,6 (\text{млн обр}).$$

Долговечность подшипников в часах:

$$L_h = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{V_{пр.} \cdot 3600}$$

$$L_h = \frac{90,6 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,64}{0,92 \cdot 3600} = 54972,8(\text{час.}).$$

Такая долговечность достаточна, поскольку она больше нормативного времени работы прокатного стана за год, которое равно 5000 - 7000 часов.

7.2 Расчет валков на статическую прочность [7].

Расчет ведем по методике акад. Целикова А.И.[1] для опорного валка
Рисунок 14.

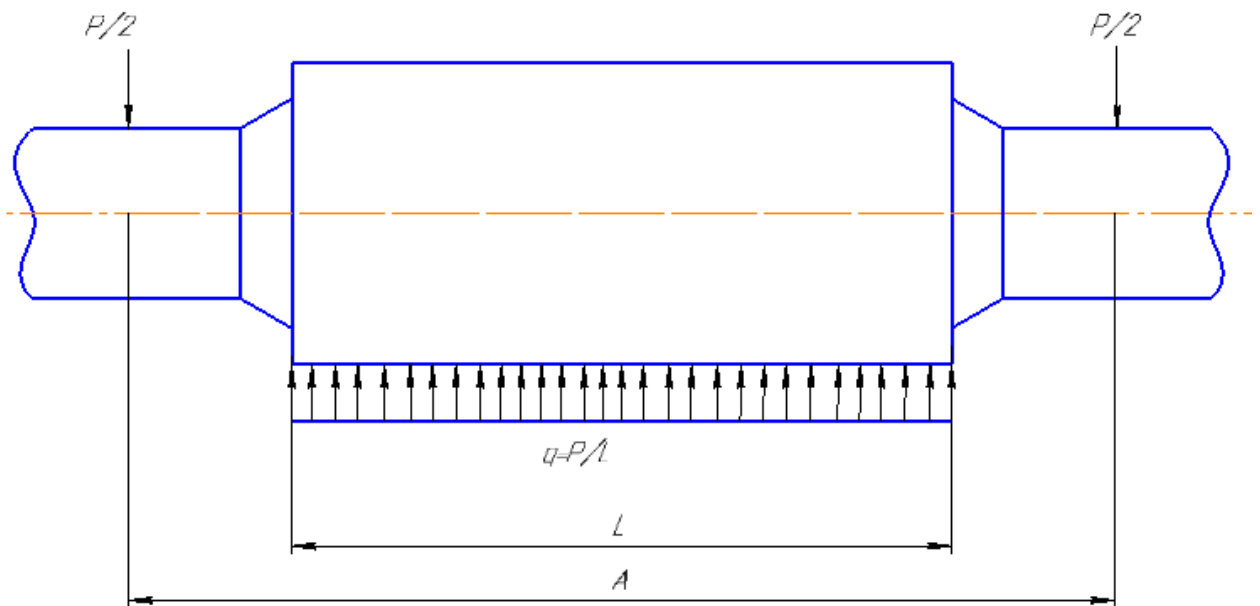


Рисунок 14 - Расчётная схема опорного валка.

Максимальное усилие на шейку опорного валка рассчитываем из формулы для напряжения изгиба шейки [4]:

$$\delta_{и.ш.} = \frac{P \cdot l_{ш}}{0,4 \cdot d_{ш}^3} \rightarrow P = \frac{0,4 \cdot [\delta_{и.ш.}] \cdot d_{ш}^3}{l_{ш}}$$

Где, $l_{ш}$ -длина шейки,

$d_{ш}$ -диаметр шейки,

$\delta_{и.ш}$ -напряжение изгиба шейки.

$[\delta_{и.ш}] = \frac{\delta_B}{5}$, определяется исходя из пятикратного запаса прочности на шейку валка, $\delta_B=140-150$ МПа –временное сопротивление материала на изгиб (для валков из легированной стали) [4].

$$P_{ш} = \frac{0,4 \cdot 140 \cdot 0,36^3}{0,45} = 5,8 \text{ (МН)},$$

Максимальное усилие на бочку валка рассчитываем из формулы для максимального изгибающего момента:

$$M_{и.б.} = \frac{P_r}{4} \cdot \left(A - \frac{L}{2} \right),$$

Выражение для усилия на бочку валка примет вид:

$$P_6 = \frac{4 \cdot M_{и.б.}}{\left(A - \frac{L}{2} \right)} = \frac{0,4 \cdot [\delta_{и.б.}] \cdot D_6^3}{A - \frac{L}{2}},$$

$$\delta_{и.б.} = \frac{M_{и.б.}}{0,1 \cdot D_6^3} \rightarrow M_{и.б.} = 0,1 \cdot D_6^3 \cdot \delta_{и.б.},$$

$$P_6 = \frac{0,4 \cdot 140 \cdot 10^6 \cdot 0,64^3}{1,97 \cdot 0,7} = 11,74 \text{ (МН)},$$

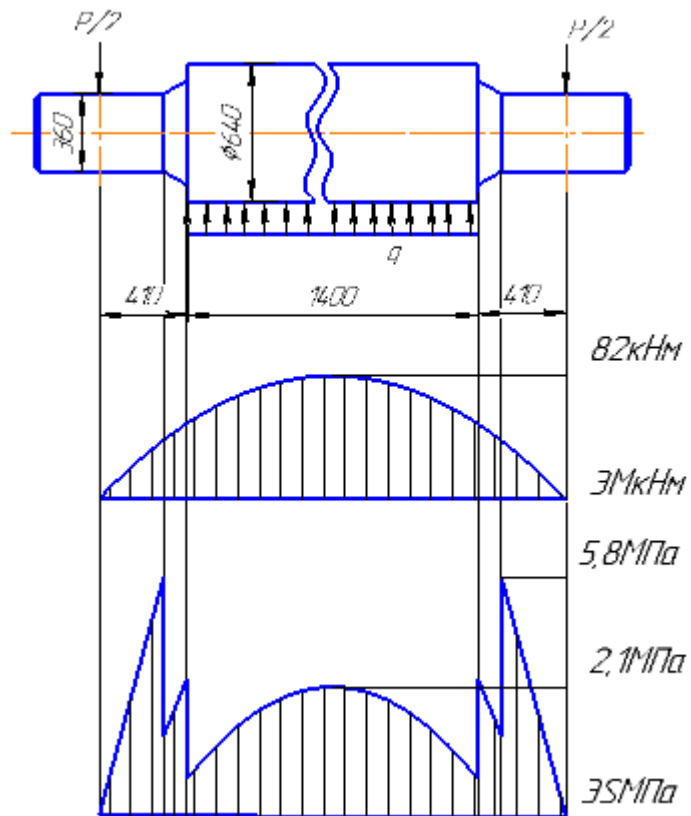


Рисунок 15 - Схема нагружения опорного валка стана КВАРТО

Из эпюры максимального изгиба можно сделать вывод, что опасным местом на излом является шейка.

Рассчитаем крутящий момент на приводном конце рабочего валка учётom шпоночного паза.

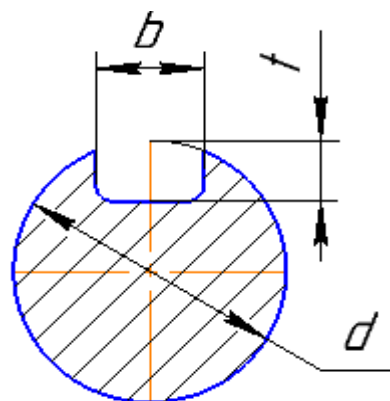


Рисунок 16 - Разрез шейки рабочего валка.

Таблица 11 – параметры паза под шпонку.

$d_{ш}$	b	t	$h_{ш.}$	$l_{ш.}$	$l_{р.ш.}$
мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.
150	80	25	40	300	220

Для расчёта крутящего момента шпонки используем формулы для кручения и изгиба смятия шпонки [4]:

$$\delta_{см.} = \frac{F}{A_{см.}} = \frac{4 \cdot M_{кр.}}{d \cdot h \cdot l_p} \leq [\delta_{см.}] \rightarrow M_{кр.} = [\delta_{см.}] \cdot d \cdot h \cdot l_p,$$

$$\tau_{см.} = \frac{2 \cdot M_{кр.}}{d \cdot h \cdot l_p} \leq [\delta_{см.}] \rightarrow M_{кр.} = [\delta_{см.}] \cdot d \cdot b \cdot l_p,$$

При спокойном режиме работы $[\delta_{см.}]$ принимаем равной 90МПа.

$$M_{кр.} = 360 \cdot 40 \cdot 220 \cdot 9,1 = 28,5(\text{кНм}),$$

Определяем крутящий момент шейки рабочего вала по формуле [1]:

$$M_{кр.} = [\tau_{к.ш.}] \cdot 0,2 \cdot d_{ш.}^3,$$

$$[\tau_{к.ш.}] = 0,7 \cdot [\delta_{в.}],$$

$\delta_{в.}=140-150\text{МПа}$ –временное сопротивление материала на изгиб (для валков из легированной стали).

$$M_{кр.} = 0,2 \cdot 98 \cdot (150)^3 = 66,15(\text{кНм}),$$

Крутящий момент передаётся на рабочие валки с помощью шпинделей.

Наклон шпинделей относительно линии проката составляет $7^{\circ}45'$ Рисунок (Допустимый угол наклона шпинделей для стана ДУО 1400 12°).

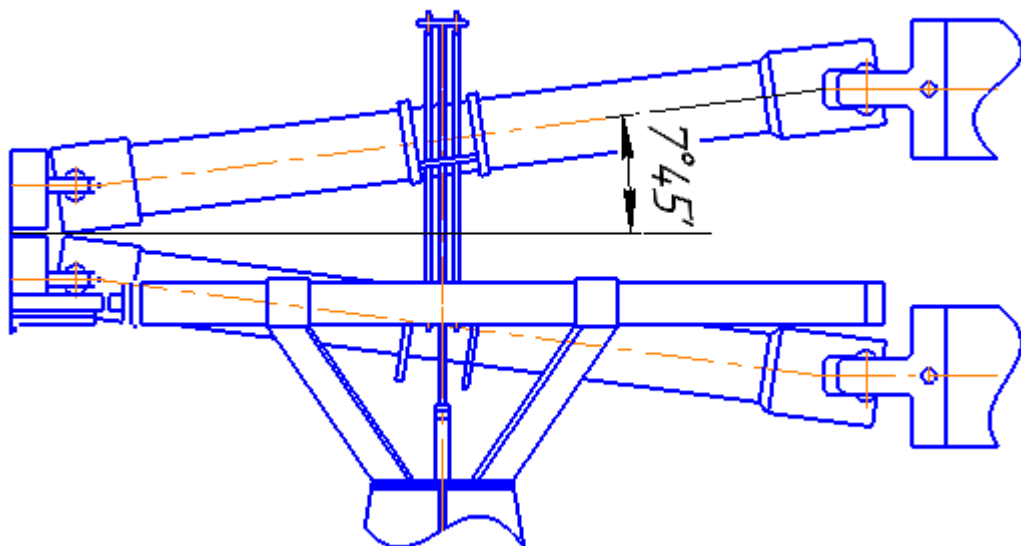


Рисунок 17 Узел шпинделей.

8.ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАТКИ ПОЛОС НА СТАНЕ ДУО «1400» ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ.

Технологический процесс изготовления слитков с последующим их прокатом в листы заданной толщины остаётся прежней. Появляется возможность прокатать жаропрочные марки стали, такие как ХН75МБТЮ, ХН50ВМКТЮР-ИД, ХН78Т. Полосы из жаропрочных марок сталей предприятие ООО НПП "РосАнтикор" планирует получать от различных отечественных фирм. В таблицах приведен химический состав данных марок стали. Как видно из таблиц 12,13,14,[5] проектный сортамент полос - это в основном никельсодержащие сплавы.

Таблица 12 –Химический состав стали ХН75МБТЮ.

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Nb	Ti	Al
до 3	до 0.1	до 0.8	до 0.4	68.568 - 77.6	до 0.012	до 0.02	19 - 22	1.8 - 2.3	0.9 - 1.3	0.35 - 0.75	0.35 - 0.75

Таблица 13 –Химический состав сталиХН50ВМКТЮР-ИД.

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Nb	Ti	Al
до 3	до 0.1	до 0.5	до 0.4	68.568 - 77.6	до 0.015	до 0.015	18 - 20	3.5 - 5	До 1.5	1 - 0.15	2.5 - 3,2

Таблица 14 –Химический состав сталиХН78Т.

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti
до 6	до 0.12	до 0.8	до 0.7	70,003 – 80,85	до 0.012	до 0.015	19 - 22	0.15- 0,35

Таблица 15 – Технологический процесс изготовления листов толщиной 0,3 мм из заготовки толщиной 1 мм для стали ХН75МБТЮ.

Наименование операции	Толщина, мм		Абсолютное обжатие, мм	Относительное обжатие, %	Ширина, мм
	начальная	конечная			
Прокатка	1	0,8	0,2	20	700
Разрез на мерные длины	500		-	-	700

Таблица 16 – Технологический процесс изготовления листов толщиной 0,3 мм из заготовки толщиной 1 мм для стали ХН50ВМКТЮР-ИД.

Наименование операции	Толщина, мм		Абсолютное обжатие, мм	Относительное обжатие, %	Ширина, мм
	начальная	конечная			
Прокатка	0,8	0,57	0,2	20	430
	отжиг				
	0,57	0,44	0,23	23	570
	отжиг				
	0,44	0,3	0,32	32	700
Разрез на мерные длины	500		-	-	700

Сплав ХН50ВМКТЮР-ИД подвергают рекристаллизационному отжигу 1-го рода (до 1100-1200°С) Для этих сплавов такой отжиг является единственно возможным видом термической обработки, не считая химико-термическую. Отжиг преследует разные цели. Его применяют для снятия внутренних напряжений и восстановления структуры и свойств (прочности, пластичности, электропроводности и др.)» изменившихся в результате предшествовавшей обработки.

Таблица 17 – Технологический процесс изготовления листов толщиной 0,3 мм из заготовки толщиной 1 мм для стали ХН78Т .

Наименование операции	Толщина, мм		Абсолютное обжатие, мм	Относительное обжатие, %	Ширина, мм
	начальная	конечная			
Прокатка	0,5	0,4	0,2	20	700
Разрез на мерные длины	500		-	-	700

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работы была проведена реконструкция стана ДУО 1400 ООО НПО «РосАнтикор» с целью расширения сортамента данного производства. Рабочая двухвалковая клеть была заменена четырёхвалковую клеть, что позволило включить в сортament жаропрочные сплавы ХН75МБТЮ, ХН50ВМКТЮР-ИД, ХН78Т. На основе этих сплавов, разработан алгоритм расчета энергосиловых параметров при прокатке и прочностной расчёт валкового узла, а так же описаны технологические операции при прокатке листа на стане 1400 после реконструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нарышкин В И Подшипники качения / В И Нарышкин, Р В Коросташевский // Москва: Машиностроение, 1984г. – 233 с.
2. Агеев, Л.М. Проектирование с использованием ЭВМ параметров валковых узлов станов холодной прокатки / Л. М. Агеев, А. П. Пелленен, Е. А. Остсемин // Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1990г. – 81 с.
3. Смирягин А.П. Промышленные цветные металлы и сплавы / А.П. Смирягин, Н.А. Смирягина, А.В. Белова // Москва, Типография Металлургия, 1974г. – 488 с.
4. Третьяков А.В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением / А. В. Третьяков, В. И. Зюзин // Москва Металлургия, 1973г. – 244 с.
5. Зубченко А.С. Марочник сталей и сплавов / А. С. Зубченко // Москва Издательство Машиностроение-1, 2003г. – 404 с. 406 с.400 с.
6. Целиков А.И. / Теория прокатки. Справочник. А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин // Москва, Типография Металлургия, 1982г, 65 с. 205 с.
7. Нарышкин В.Н. / Подшипники качения. Справочник-каталог. В.Н. Нарышкин, Р.В. Коросташевский // // Москва, Изд. Машиностроение, 1984г, 280 с/
8. Универсальные шпиндели для приводов прокатного оборудования. Металлургическое оборудование конструкции // ВНИИМЕТМАШ ВО МАШИНЭКСПОРТ 1985 г.
9. Королёв А.А. / Прокатные станы и оборудование прокатных цехов Учебное пособие для вузов // М. : Металлургия, 1981 г.