

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»
Кафедра «Процессы и машины обработки металлов давлением»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, степень, звание

/В.Г. Шеркунов, д.т.н., проф./

« _____ » _____ 2017 г.

Тема работы: «Разработка устройства осевой регулировки валков прокатной
клетки КВАРТО»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ЮУрГУ–15.03.02.2017.00000.ВКР

Руководитель, должность

В.А. Иванов / _____ /

« _____ » _____ 2017 г.

Автор

студент группы П-439

М.А. Стрельников

/ _____

« _____ » _____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Стрельников М.А. Устройство для осевой регулировки рабочих валков стана кварто 700×1700 холодной прокатки. - Челябинск: ЮУрГУ, П-439; 2017, 32 с. 8 ил., 1 табл., библиогр. список - 12 наим.

Спроектирован механизм осевой регулировки верхнего рабочего валка чистовой клетки толстолистного прокатного стана кварто 700×1700 холодной прокатки с целью повышения точности проката. Также выполнены расчёты гидроцилиндра.

Графическая часть выпускной квалификационной работы выполнена на трёх листах формата А1 и двух листах формата А2.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОФИЛЯ И ПЛАНШЕТНОСТИ.....	9
1.1. ПРИНЦИП РЕГУЛИРОВАНИЯ.....	9
1.2. МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА С ТЕХНОЛОГИЕЙ СВС.....	12
2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВАЛКОВ С ПОДУШКАМИ.....	14
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОКАТНОЙ КЛЕТИ.....	15
4. ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ ВАЛКОВ С ПОДУШКАМИ.....	16
5. КОНСТРУКЦИЯ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕРХНЕГО РАБОЧЕГО ВАЛКА.....	17
6. РАСЧЁТ ГИДРОЦИЛИНДРА.....	19
6.1. РАСЧЁТ УСИЛИЯ НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСЕВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕРХНЕГО РАБОЧЕГО ВАЛКА.....	19
6.2. РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ БОЛТОВ КРЕПЛЕНИЯ КРЫШКИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА.....	20
6.3. РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ ШПИЛЕК КРЕПЛЕНИЯ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ.....	21
6.4. РАСЧЁТ УСИЛИЯ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	21
6.5. РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ КОРПУСА БЛОКА ЦИЛИНДРОВ.....	23
7. ВРЕДНЫЕ И ОПАСНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	31

ВВЕДЕНИЕ

В современном прокатном производстве повышенные требования предъявляются к получению продукции с требуемыми свойствами, обеспечению компактности, универсальности, экономичности, ремонтпригодности и энергоемкости оборудования.

Наряду с повышением требований к размерной точности проката и качеству его отделки, большое внимание уделяется производственной гибкости оборудования, возможности оперативной перенастройки на другой сортамент, сокращению простоев, связанных с ремонтом и обслуживанием.

Прокатный стан представляет собой комплекс оборудования, предназначенного для осуществления пластической деформации металла в валках (собственно прокатки), а также транспортных и вспомогательных операций. В состав прокатных цехов или отделений в общем случае входит оборудование главной линии прокатного стана в составе черновых, промежуточных и чистовых рабочих клетей и передаточных механизмов, а также нагревательные печи, системы для гидросбива окалины, оборудование для транспортировки, резки, термообработки, отделки, правки, смотки, маркировки, упаковки проката и т.д.

Основными задачами прокатного производства являются получение готового проката заданных размеров и формы в требуемом количестве, с минимально возможными затратами, с высоким уровнем физико-механических свойств и качества поверхности.

Большинство металлургического оборудования, находящегося в эксплуатации морально устарели, и состоят из десятков узлов, которые нуждаются в технологическом совершенствовании. Одной из основных задач по модернизации этих узлов является расширение технологических возможностей и улучшения условий работы деталей. Основной же задачей данной работы является модернизация толстолиствого прокатного стана кварто 700×1700 для холодной прокатки, а именно рабочих валков чистовой прокатной клетки. Суть модернизации состоит в том, что необходимо

обеспечить рабочие валки прокатной клетки осевым перемещением. Так, как полученный после прокатки материал получается неравномерным по плоскости, благодаря данному техническому решению, перемещение рабочих валков позволит регулировать профиль, контур и плоскостность полосы согласно производственным параметрам. Ссылаясь на патент EP 0049798 B1, правообладателем которого является компания SMS Siemag, и патент SU 1755981 A1, правообладателем является Институт черной металлургии и Производственное объединение «Уралмаш», поставленную задачу можно выполнить двумя способами:

1. Внедрением устройства, предназначенного для оптимизации процесса прокатки в прокатной клетки, имеющей пару рабочих валков, которые контактируют с опорными валками. Причем прокатная клетка имеет валки, выполненные с ассиметричной относительно средней плоскости радиальной характеристикой контура (CVC профилем). Регулирование по оси производится движением верхнего рабочего валка относительно движению нижнего рабочего валка [11].

2. Внедрением устройства, предназначенного для повышения точности прокатки путём регулирования величины взаимного смещения рабочих валков в горизонтальной плоскости и создания разнонаправленного их смещения в горизонтальной плоскости относительно верхнего и нижнего опорных валков [12].

В результате рассмотренных аналогов были выявлены недостатки, а именно, в патенте SMS Siemag для осевой регулировки задействованы оба рабочих валка, то есть и верхний, и нижний рабочие валки перемещаются каждый в осевом направлении, что делать экономически нецелесообразно потому, что нет необходимости во втором движущемся валке, так как один рабочий валок (без разницы верхний, или нижний), успешно справится со своей работой и будет регулировать плоскостность и контур полосы так же, как и два движущихся рабочих валка. Устранение осевого движения второго рабочего валка существенно сокращает номенклатуру деталей и значительно увеличивает срок эксплуатации прокатной клетки, так как большое количество

движущихся деталей в конструкции имеют разные усилия, что соответственно сокращает срок долговечности.

Минусы патента Института черной металлургии и Производственного объединения «Уралмаш» заключаются в том, что нажимной механизм и регулирование рабочих валков производится за счет электромеханического привода, в отличие от патента компании SMS Siemag, там вся система контролируется гидравлическим приводом, что в разы лучше по сравнению с механическим приводом.

В подтверждение этому приводится сравнительная характеристика современных механических и гидравлических нажимных устройств (таблица 1) [4].

Также из минусов данного способа регулирования валков в том, что регулирование по оси производится путём изменения величины взаимного смещения рабочих валков в горизонтальной плоскости и создания разнонаправленного их смещения относительно верхнего и нижнего опорных валков, что влияет существенно на процесс прокатки, а именно делает её не совсем удобной, то есть при прокатывании листа в месте где нужно уменьшить контур листа, рабочие валки смещаются на небольшой угол, и при выравнивании этого контура края листа при этом будут не тронуты, и соответственно будут загибаться, требуя в дальнейшем их выпрямления. И как было сказано в первом способе регулирования валков, здесь также присутствует большое количество движущихся деталей, поэтому это еще один недостаток данного способа регулировки.

Рассмотрев аналоги, было принято решение создать такое устройство, которое было бы простым в плане конструкции, что соответственно решало бы проблему экономической части, а так же обладало всеми характеристиками, необходимыми для правильной регулировки профиля, контура и плоскостности прокатываемой полосы.

**Сравнительные характеристики гидравлических
и механических нажимных устройств**

Показатели	Нажимное устройство		Примечание
	механическое	гидравлическое	
Скорость регулирования, мм/с: При холостом ходе При полной нагрузке	0,5-0,8 -	3,2 2,5	Гидравлическое регулирование в 3-4 раза быстрее
Продолжительность, с: Достижения полной скорости регулирования Регулирования/компенсации погрешности при полной нагрузке для толщины, мм: 0,1 0,5 2,0	0,6 0,6 1,25 3,25	0,006 0,04 0,22 0,82	Гидравлика в 100 раз быстрее Гидравлика в 4- 15 раз быстрее
Регулирование зазора валков между пропусками, мм: 1,0 5,0 10,0	2,07 7,0 13,5	0,42 2,02 4,02	Гидравлика в 3- 5 раз быстрее
Частота срабатывания, Гц	0,5	10	Гидравлика в 20 раз быстрее
Точность позиционирования, мм	+ - 0,025	+ - 0.03	Гидравлическое регулирование положения на 20% хуже, а зазора на 30% лучше
Максимальная точность регулирования, мм	+ - 0,010	Менее + - 0,001	Гидравлика в 10 раз точнее
Мёртвая зона для предотвращения износа и недопустимой нагрузки на двигатель, мм	0.02	Отсутствует	Гидравлика не имеет конструктивно заложенной мёртвой зоны
Скорость снятия нагрузки при её превышении, мм/с	0,8	12,5 путём откр. предохранительного клапана	Гидравлика помогает уменьшать повреждения валков

1. СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОФИЛЯ И ПЛАНШЕТНОСТИ

Система регулирования толщины с гидравлическими нажимными устройствами в качестве исполнительного звена гарантирует, что в выбранном месте по ширине полосы (обычно по её середине) её толщина будет выдержана в пределах заданных допусков по всей длине полосы. Однако определённые условия будут влиять на формирование профиля полосы, то есть приводят к изменению толщины полосы по её ширине, а именно упругая деформация клетки, а также термические деформации валков и их износ. Данный недостаток устраняется с помощью специальной системы автоматического регулирования профиля и планшетности, а именно системы осевого сдвига рабочих валков.

1.1. ПРИНЦИП РЕГУЛИРОВАНИЯ

Цель регулирования заключается в том, чтобы выдержать определённый заранее заданный профиль полосы и обеспечить необходимую планшетность. В большинстве случаев для улучшения течения металлов при последующей холодной прокатке необходимо, чтобы горячекатаная полоса получила профиль параболической формы по ширине. При этом формируемый профиль должен быть постоянным (равномерным) на протяжении всей длины полосы и должен выдерживаться при переходе от одной полосы к другой в пределах партии заданного сортамента.

Для разработки концепции регулирования необходимо учитывать возможное поведение металла при его течении в направлении ширины и длины. Изменения профиля могут быть реализованы только при толщине полосы, превышающей некоторое значение. Попытки регулировать профиль при меньших толщинах полосы неизбежно приведут к появлению дефектов планшетности, поэтому только в первых проходах течение металла должно быть достаточно интенсивно для того, чтобы можно было повлиять на распределение толщины полосы по её ширине и установить необходимый профиль. В последних проходах профиль поступающей полосы должен

поддерживаться сравнительно постоянным для обеспечения хорошей планшетности готовой полосы.

Решение этой задачи в соответствии с изобретением согласно первой форме выполнения характеризуется тем, что в прокатной клети вышеназванного вида предусмотрена радиальная характеристика контура первых валков, которая удовлетворяет условию [11]:

$$R_{AW}(X) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3,$$

где: $R_{AW}(X)$ - радиальная характеристика контура первого валка;

x - координата в продольном направлении бочки (прокатного валка) с началом координат ($x=0$) в середине бочки;

a_0 - текущий радиус первого валка;

a_1 - параметр оптимизации (коэффициент клина);

a_2, a_3 - коэффициенты (диапазон регулирования CVC-системы).

При этом для радиальной характеристики контура вторых валков предусмотрена функция:

$$R_{SW}(X) = s_0 + s_1x + s_2x^2 + s_3x^3,$$

где: $R_{SW}(X)$ - радиальная характеристика контура второго валка;

x - координата в продольном направлении бочки (прокатного валка) с началом координат ($x=0$) в середине бочки;

s_0 - текущий радиус второго валка;

s_1 - параметр оптимизации (коэффициент клина);

s_2, s_3 - коэффициенты (диапазон регулирования CVC-системы).

Чтобы выполнить все эти требования, необходимо специальное нажимное устройство, позволяющее регулировать зазор между валками в широком рабочем диапазоне и в соответствии с различными условиями эксплуатации. Эта задача полностью решается путём комбинированного воздействия системы CVC.

Принцип CVC разработан фирмой Schloemann – Siemag совместно с фирмой Krupp [4]. Он основан на применении валков с несимметричной выпуклостью (S – образных рабочих валков) (рисунок 1). Шлифовка верхнего

и нижнего валков идентична, но взаимно смещена на 180 градусов.

Благодаря осевому смещению таких валков, можно непрерывно менять требуемую выпуклость бочки прямо в процессе работы стана. Благодаря лишь незначительному изменению контактного давления по такой технологии можно вести прокатку в валках с положительной, нулевой и отрицательной выпуклостью. Между величиной осевого перемещения валков и настраиваемой их выпуклостью имеется линейная зависимость (рисунок 2) [4].

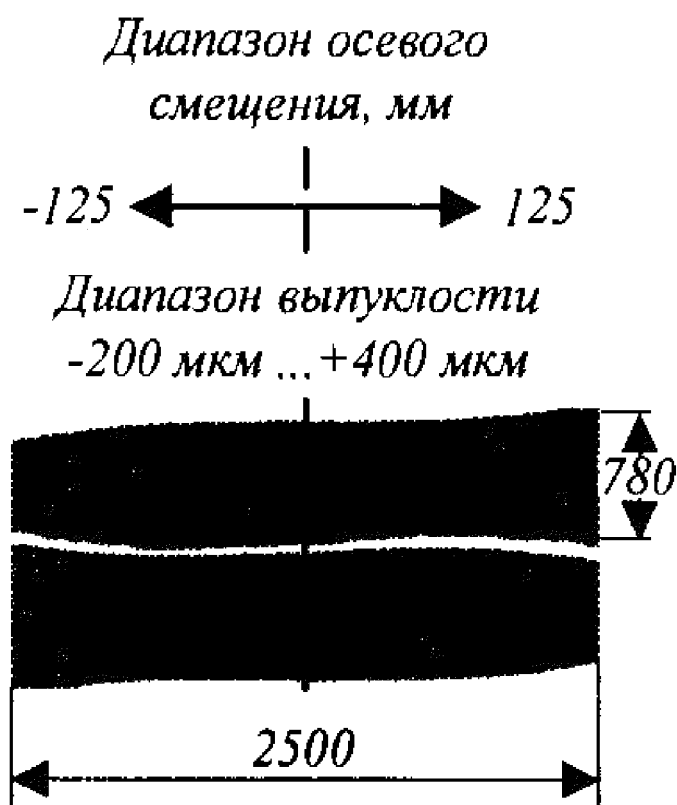


Рисунок 1 - Пример осевого смещения валков CVC

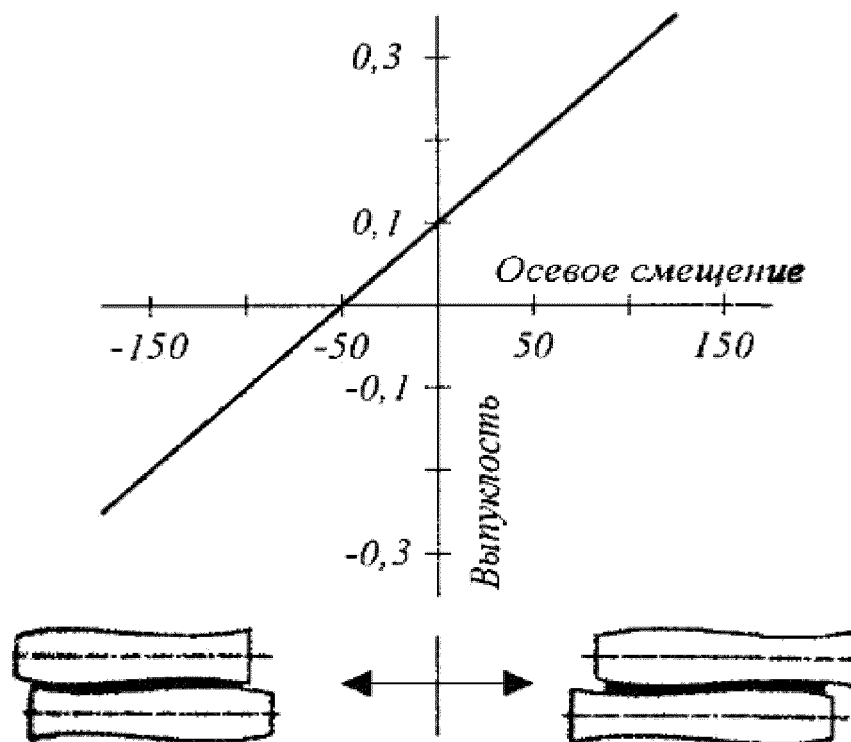


Рисунок 2 - Пример диапазона настройки устройства CVC

Преимуществами способа CVC можно выделить: прямое воздействие на выпуклость рабочих валков, более широкий диапазон настройки профиля, предотвращение слишком сильного износа валков под действием высоких контактных давлений, более стабильная жёсткая форма системы, простота применения на уже существующих четырёхвалковых клетях, небольшие капиталовложения.

1.2. МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА С ТЕХНОЛОГИЕЙ CVC

Стратегия по расчёту заданных значений для отдельных исполнительных механизмов требует наличия эффективных моделей в управляющей ЭВМ верхнего уровня, описывающих основные физические и технологические связи. Это является неременным условием работы систем регулирования профиля и планшетности. Модель, предназначенная для регулирования данных параметров, в реальном масштабе времени определяет профили зазоров валков отдельных клетей и осуществляет управление исполнительными механизмами в зависимости от контролируемых технологических параметров. Схема модели представлена на рисунке 3 [4].



Рисунок 3 - Действие модели в реальном масштабе времени

Для предварительной настройки ЭВМ второго уровня передаются все данные о каждом проходе, запоминаемые в управляющей ЭВМ верхнего уровня, например, ширина и толщина полосы, усилие прокатки и желаемый профиль полосы. С учётом полученных данных выполняется предварительная настройка системы SVC.

2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВАЛКОВ С ПОДУШКАМИ

Прокатный валок является рабочей частью прокатного стана. Проходя между прокатными валками, металл обжимается (уменьшается высота поперечного сечения проката) и вытягивается (увеличивается длина проката), приобретая при этом требуемую форму и размеры.

Валки выполняют основную функцию прокатного стана, т.е. деформирует материал до необходимого размера. Главный вид валков представлен на сборочном чертеже (ЮУрГУ-15.03.02.2017.169.00.000 СБ).

Механизм работает следующим образом. Подают материал (на чертеже не показан) между рабочими валками, они за счет сил трения начинают прокручиваться, тем самым позволяя материалу обжаться и протягиваться вперед. При движении рабочих валков приходят в работу опорные валки, необходимые для уменьшения перегиба рабочих валков. Опорные валки установлены в подушках, предназначенных для плавности работы механизма.

Валки с подушками состоят из нижнего опорного валка 1, нижнего рабочего валка 2, верхнего рабочего валка 3, верхнего опорного валка 4, опорных подушек, салазок 5, опор и рабочих подушек.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПРОКАТНОЙ КЛЕТИ

Усилие прокатки $P_{пр} = 6.5$ МН [3];

Скорость прокатки 12 м/с

Рабочая клеть 700×1700 является одной из шести клетей непрерывной чистовой группы стана 1700 для горячей прокатки полосы.

Клеть состоит из станины, в которой закреплены нижний опорный валок 1, нижний рабочий валок 2, верхний рабочий валок 3, верхний опорный валок 4, опорные подушки, рабочие подушки.

В клетки опорные валки установлены на ПЖТ-1000, рабочие – на роликовых, четырехрядных конических подшипниках №77880.

Максимальный и рабочий подъём верхних валков 150 и 100 мм. Скорость подъёма 0,273 – 0,546 мм/с. Нажимные винты приводятся от двух электродвигателей постоянного тока мощностью 2х60 кВт (520 об/мин) через четырёхзаходные глобоидные редукторы и глобоидные однозаходные передачи, расположенные на нажимных винтах. Электромагнитная муфта рассчитана на передачу крутящего момента, равного 2 кН*м.

Уравновешивание верхних валков гидравлическое, при давлении рабочей жидкости в системе 12 МПа. Верхний опорный валок с подушками уравновешен гидравлическим цилиндром, размещенным в верхней траверсе, соединяющей станины. Верхний рабочий валок с подушками уравновешен гидравлическими плунжерами, цилиндры которых размещены в подушках нижнего рабочего валка [2].

Смена рабочих валков с подушками осуществляется с помощью траверсы с противовесом, подвешенной тросами к крюку мостового крана. В качестве противовеса применяют запасной рабочий валок с подушками. Смена опорных валков с подушками осуществляется с помощью передвижной тележки с направляющими брусками.

Масса рабочей клетки (без привода) 380 тонн. Средняя производительность прокатного стана 550 тонн (4 млн. тонн/год).

4. ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ ВАЛКОВ С ПОДУШКАМИ

1. На станину устанавливают нижний опорный валок совместно собранный с нижним рабочим валком;
2. В верхний опорный валок устанавливают верхний рабочий валок и скрепляют их проволокой, во избежание падения верхнего рабочего валка;
3. На станину устанавливают верхний опорный валок совместно собранный с верхним рабочим валком;
4. Проверяют межосевые расстояния;
5. Устанавливают гидроцилиндр и всю гидросистему;
6. Устанавливают крышки валков;
7. Проверяется затяжка гаек и болтов, проводят запуск на холостом ходу.

Монтажный инструмент, используемый при сборке:

- Рожковые ключи и головки, гайковерт, динамометрический ключ;
- Мостовой кран;
- Гидравлический пресс.

5. КОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕРХНЕГО РАБОЧЕГО ВАЛКА

Как было уже сказано во введении, чтобы устройство являлось простым в плане конструкции, было принято осуществить осевую регулировку посредством перемещения только одного верхнего рабочего вала.

Устройство перемещения верхнего рабочего вала прокатной клетки кварто состоит из корпуса (блок цилиндров), в цилиндрических расточках которого симметрично расположены два поршня со штоками. Диаметр поршня 200мм, диаметр штока 90мм. Шток входит в отверстие поршня и закреплен круглой гайкой. Чтобы исключить самопроизвольное отвинчивание гайки, установлена фигурная шайба. Поршневая полость гидравлического цилиндра закрыта крышкой, которая крепится 12 болтами М20. Поршневая полость гидравлического цилиндра закрыта крышкой с отверстием, в котором расположена направляющая втулка для штока и манжета препятствующая вытеканию масла из цилиндра. На поршне в двух кольцевых расточках установлены манжеты. В каждой крышке в кольцевой канавке установлено резиновое уплотнение, которое обеспечивает герметичность внутренних полостей цилиндра и препятствует вытеканию масла.

Устройство перемещения верхнего рабочего вала закрепляется на подушке верхнего опорного вала с помощью шести шпилек М36, по три с каждой стороны. Для исключения самопроизвольного отвинчивания гаек на шпильки устанавливаются пружинные шайбы. Устройство перемещения вала установлено с двух сторон верхнего рабочего вала, каждое из которых перемещает валок вместе с подушками только в одну сторону, за счет подачи масла под рабочим давлением только в поршневую полость гидравлического цилиндра. Давление масла в гидравлической системе не менее $p=10$ МПа.

Для обеспечения правильного регулирования профиля, контура и плоскостности полосы нам потребуется перемещение верхнего рабочего

валка на 85 мм по оси (см. рисунок 2). Отсюда выбираем гидравлический цилиндр диаметром $D=200$ мм и рабочим ходом на 110 мм.

Усилие каждой пары гидроцилиндров приложено к верхней подушке рабочего валка по оси верхнего рабочего валка. Ниже приведены расчеты по выбору гидроцилиндра и резьбовых соединений.

Рабочие валки выполнены с несимметричной выпуклостью (S – образные рабочие валки). Для осуществления перемещения верхнего рабочего валка по оси от зависимости в какую сторону нужно передвинуть валок, подают рабочую жидкость в левый или правый блок гидроцилиндров.

6. РАСЧЁТ ГИДРОЦИЛИНДРА

6.1. РАСЧЁТ УСИЛИЯ НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСЕВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕРХНЕГО РАБОЧЕГО ВАЛКА

Усилие перемещения складывается из следующих составляющих: масса верхнего рабочего валка $G_{рв}$, сила трения от контакта с верхним опорным валком P_1 , сила трения от контакта рабочего валка с прокатываемой полосой P_2 [5]. Расчетная схема приведена на рисунке 4.

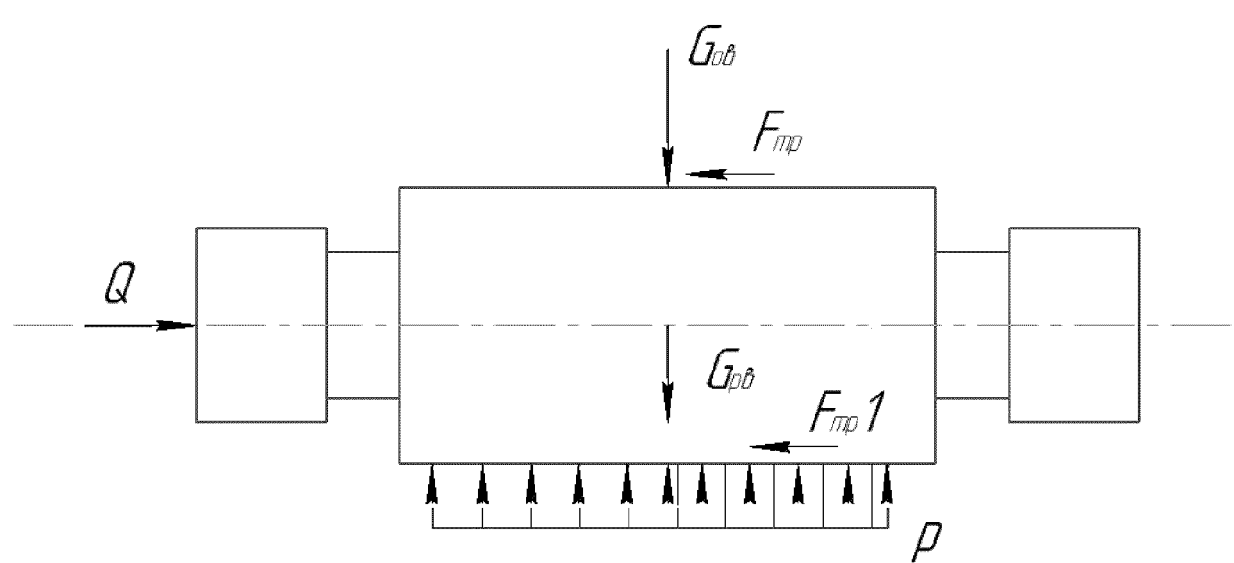


Рисунок 4 - Расчетная схема усилия перемещения

$$Q = G_{рв} + P_1 + P_2 = G_{рв} + G_{ов}f_1 + P_{пр}f_2, \quad (1)$$

где $G_{рв}$ - вес верхнего рабочего валка, $G_{рв} = 8465$ кг;

$G_{ов}$ - вес верхнего опорного валка, $G_{ов} = 58900$ кг;

$P_{пр}$ - усилие прокатки, $P_{пр} = 6,5$ МН;

f_1 и f_2 - коэффициенты трения на контактирующих поверхностях 0,1 и 0,07.

Сила на штоке гидроцилиндра:

$$Q = 84650 + 589000 \cdot 0,1 + 6500000 \cdot 0,07 = 598550 \text{ Н.}$$

На каждой стороне верхнего рабочего валка устанавливается блок из двух гидравлических цилиндров. Диаметр цилиндров при давлении масла в гидравлической системе $p = 10$ МПа [7]:

$$d = \sqrt{\frac{2Q}{\pi p}}, \quad (2)$$

где p – давление масла в гидросистеме, $p=10$ МПа.

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,59855}{3,14 \cdot 10}} = 0,195 \text{ м.}$$

Принимаю по ГОСТ диаметр цилиндра 200 мм, диаметр штока – 90 мм.

Толкающее усилие на штоке одного гидроцилиндра при давлении рабочей жидкости 10 МПа:

$$Q = 0,785 \cdot 0,2^2 \cdot 10 = 0,314 \text{ Мн} = 314 \text{ 000 Н.}$$

6.2. РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ БОЛТОВ КРЕПЛЕНИЯ КРЫШКИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА

Болты крепления крышки подвергаются растяжению от силы, создаваемой давлением масла в гидроцилиндре.

Сила, отрывающая крышку [8]:

$$Q = \frac{k \pi D^2}{4}, \quad (3)$$

где k – коэффициент запаса, $k=1,5$.

Напряжения в теле болта:

$$\sigma = k \frac{d^2 p}{d_6^2 n} \leq [\sigma], \quad (4)$$

где d - диаметр цилиндра;

d_6 – внутренний диаметр резьбы, резьба М20;

n – количество болтов, принимаю $n = 12$;

$[\sigma]$ - допускаемые напряжения материала болта.

Для стали 45 $[\sigma]=210$ МПа [6].

$$\sigma = 1,5 \frac{200^2 \cdot 10}{17_6^2 \cdot 12} = 172,95 \text{ МПа.}$$

Рабочие напряжения меньше допускаемых напряжений, следовательно, условие прочности выполнено.

6.3. РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ ШПИЛЕК КРЕПЛЕНИЯ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ

Блок цилиндров крепится с двух сторон к подушке опорного вала шпильками. Напряжения в теле шпильки:

$$\sigma = k \frac{d^2 p}{d_6^2 n} \leq [\sigma],$$

где d - диаметр цилиндра;

d_6 – внутренний диаметр резьбы, резьба М36;

n – количество шпилек с одной стороны, принимаю $n = 3$;

$[\sigma]$ - допускаемые напряжения материала шпильки.

Для стали 45 $[\sigma]=210$ МПа [6].

$$\sigma = 1,5 \frac{200^2 * 10}{32_{III}^2 * 3} = 195,3 \text{ МПа.}$$

Рабочие напряжения меньше допускаемых напряжений, следовательно, условие прочности выполнено.

6.4. РАСЧЁТ УСИЛИЯ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Расчет усилия затяжки гаек необходим для обеспечения надежности резьбовых соединений при закреплении крышек гидроцилиндров и устройств перемещения верхнего рабочего вала к подушкам верхнего опорного вала.

Момент затяжки болта

$$M_{кр} = \frac{Q f D_0}{3n}, \quad (5)$$

где D_0 – диаметр расположения болтов на крышке;

f – коэффициент трения, $f=0,1$;

n – количество болтов.

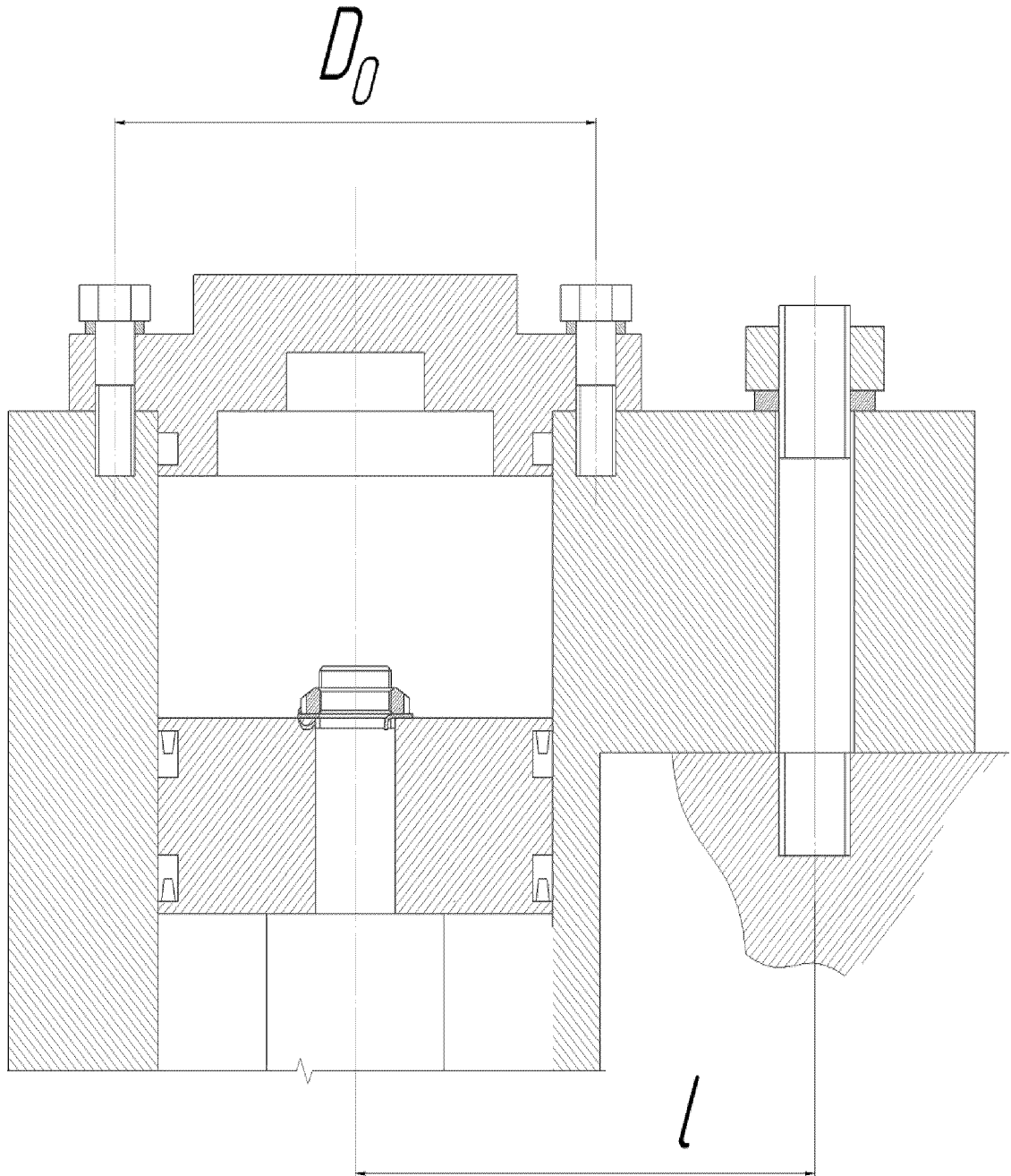


Рисунок 5 - К расчету усилия затяжки резьбовых соединений

$$M_{кр} = \frac{300000 * 0,1 * 0,245}{3 * 12} = 204 \text{ Нм.}$$

При длине ключа 500 мм необходимое усилие рабочего 40 кг.

Момент затяжки гайки шпильки [8]:

$$M_{кр} = (Q f l_0) / 3n, \quad (6)$$

$$M_{кр} = \frac{300000 \cdot 0,1 \cdot 0,46}{3 \cdot 3} = 1533 \text{ Нм.}$$

Для затяжки гаек крепления устройства перемещения рабочего вала, к подушке верхнего опорного вала необходимо применять гайковерт.

6.5. РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ КОРПУСА БЛОКА ЦИЛИНДРОВ

Толщина стенки гидравлического цилиндра находится в пределах от 24 мм до 50 мм. По условиям прочности толщина стенки зависит от прочности материала, давления масла и диаметра цилиндра. Минимальную толщину стенки можно найти из условия [7]:

$$\frac{D}{\delta} \geq 3,2, \quad (7)$$

где δ - толщина стенки цилиндра;

D – диаметр цилиндра.

Для приведенной конструкции блока цилиндров это отношение больше 8,3, следовательно, конструкция удовлетворяет условию прочности стенки гидроцилиндра.

Корпус блока цилиндров можно представить как двухопорную балку, на которую действуют изгибающие силы от гидравлических цилиндров, расчётная схема представлена на рисунке 6.

Наибольший изгибающий момент, по эпюре моментов [5]:

$$M_{и} = Qa, \quad (8)$$

где a – расстояние от оси цилиндра до оси шпилек крепления блока цилиндров к подушке, $a = 170$ мм. Опасным является среднее сечение блока цилиндров, размеры которого приведены на рисунке 5.

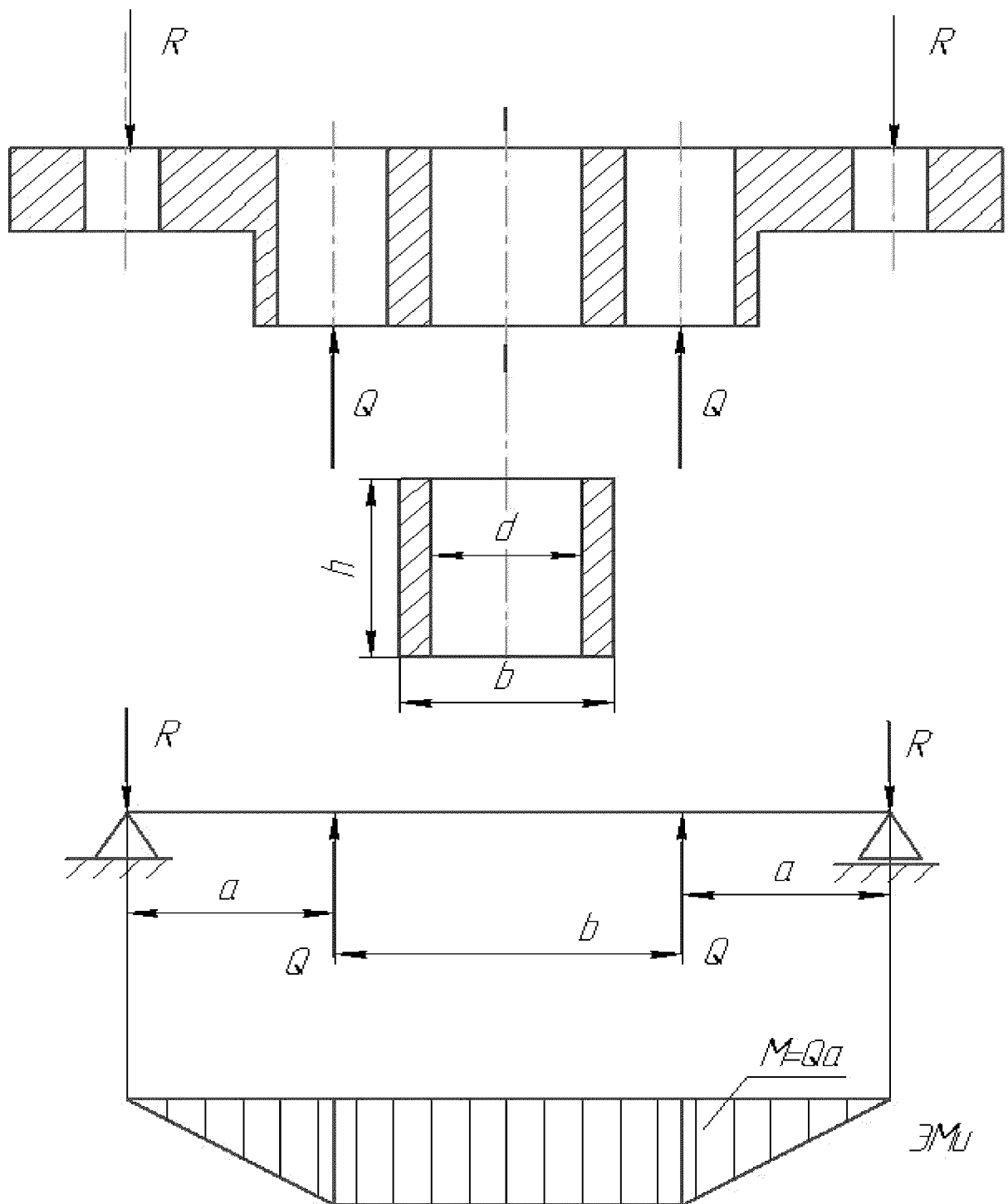


Рисунок 6 - Расчётная схема корпуса блока цилиндров

Напряжения в опасном сечении блока цилиндров [9]:

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{M_{\text{н}}}{W} \leq [\sigma_{\text{н}}], \quad (9)$$

где $M_{\text{н}}$ – изгибающий момент в опасном сечении;

W – момент сопротивления опасного сечения;

$[\sigma_{и}]$ – допускаемые напряжения изгиба для материала блока цилиндров, для стали 30 $[\sigma_{и}] = 140$ МПа.

Опасное сечение представляет собой прямоугольник размерами $b=560$ мм, $h=300$ мм с отверстием диаметром $d=440$ мм. Для этого сечения момент сопротивления равен [5]:

$$W = \frac{2(I_1 - I_2)}{h}, \quad (10)$$

где I_1 – момент инерции прямоугольника;

I_2 – момент инерции отверстия.

Момент инерции сечения прямоугольной формы:

$$I = \frac{bh^3}{12}, \quad (11)$$

где b – ширина сечения;

h – высота сечения.

$$I_1 = \frac{bh^3}{12}; \quad (12)$$

$$I_2 = \frac{dh^3}{12}; \quad (13)$$

$$I_1 = \frac{0,56 \cdot 0,3^3}{12} = 0,00126 \text{ м}^4;$$

$$I_2 = \frac{0,44 \cdot 0,3^3}{12} = 0,00099 \text{ м}^4;$$

$$W = \frac{2(0,00126 - 0,00099)}{0,3} = 0,0018 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_{и} = \frac{598550 \cdot 0,17}{0,0018} = 56529722,22 \text{ Па} = 56,53 \text{ МПа.}$$

Рабочие напряжения меньше допускаемых, следовательно, материал блока цилиндров вполне удовлетворяет условиям прочности.

Объемное изображение блока цилиндров и крышки представлено на рисунках 7 и 8.

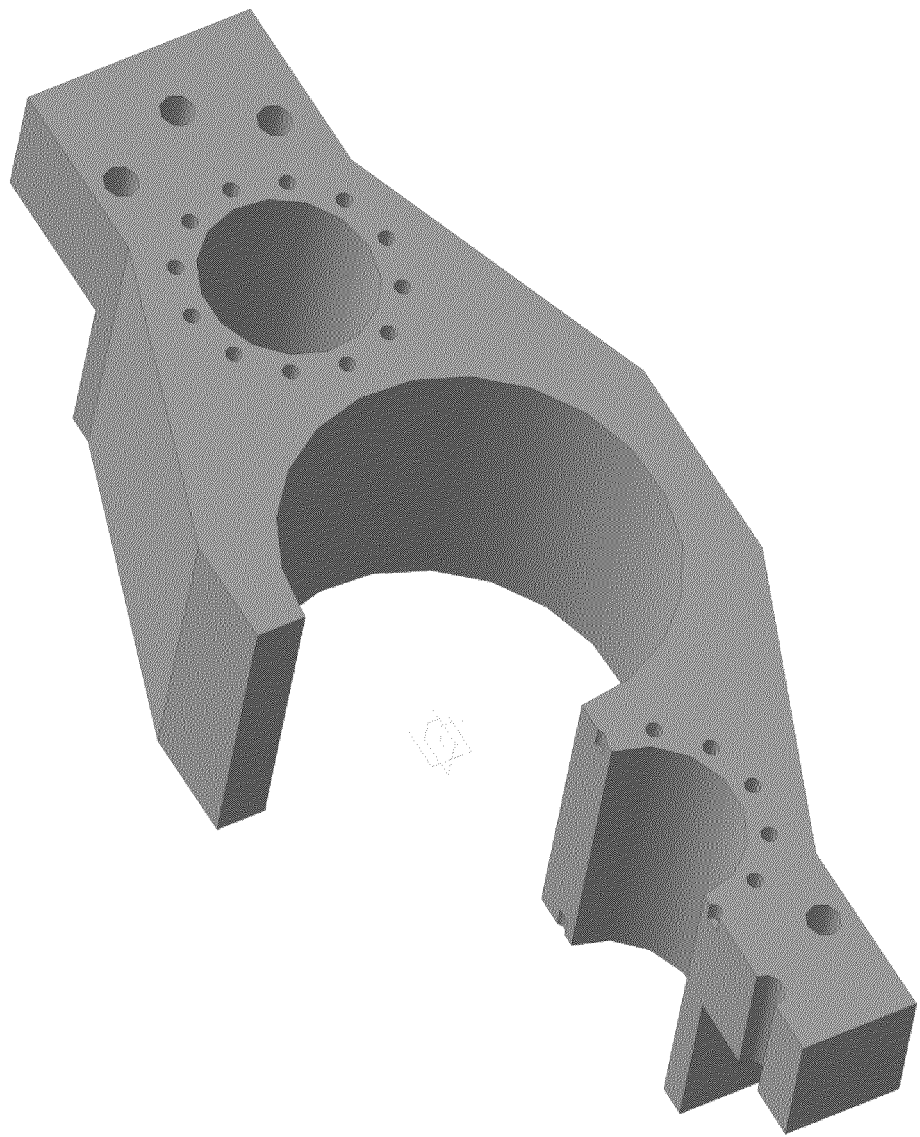


Рисунок 7 – Блок цилиндров

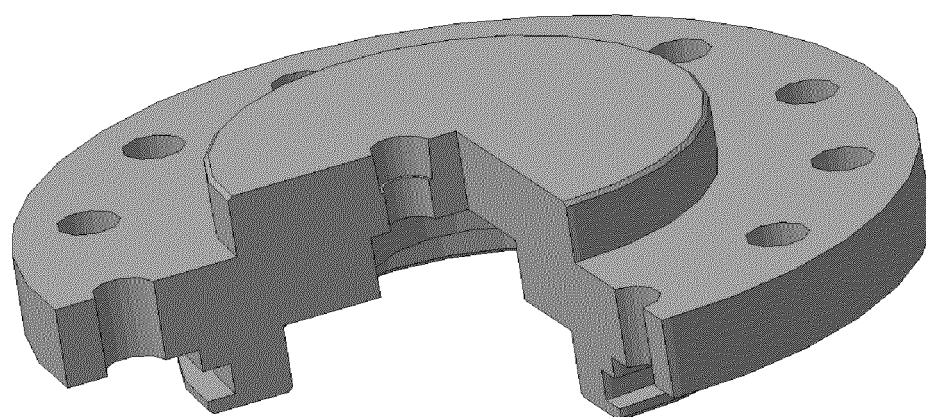


Рисунок 8 – Крышка

7. ВРЕДНЫЕ И ОПАСНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

К физическим опасным производственным факторам в прокатном производстве относят [10]:

- повышенная температура поверхностей;
- движущиеся изделия, заготовки, материалы (валки, шпиндели, муфты станов, осколки прокатываемого металла, отлетающие окалина и шлаки); подвижные машины и механизмы; подвижные части оборудования;
- высокая вероятность возможности возгорания;
- острые кромки, заусеницы и шершавость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
- повышенное значение напряжения в электрической сети;

К физическим вредным производственным факторам относят:

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

Наиболее важные факторы прокатного производства:

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

Основным источником шума является прокатный стан, в котором находится огромное количество металлических механизмов. Основной шум

прокатного цеха лежит в области частот до 1000 Гц и имеет значение звукового давления в пределах 75–95 дБ и может достигать 110 дБ.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены вопросы повышения точности прокатки листового проката и разработано устройство для осевой регулировки верхнего рабочего вала чистовой клетки листового прокатного стана кварто 700x1700 холодной прокатки с гидравлическим приводом. Работа выполнена в соответствии с Единой Системой Конструкторской Документации (ЕСКД).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королев, А.А. Конструкция и расчёт машин и механизмов прокатных станов: Учебное пособие для вузов [Текст] / А.А. Королев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1985. – 376 с. : 222 ил. – 7650 экз.
2. Королев, А.А. Прокатные станы и оборудование прокатных цехов: Учебное пособие для вузов [Текст] / А.А. Королев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1962. – 5000 экз.
3. Целиков, А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов [Текст] / А.И. Целиков. ; Уральский политехнический институт имени С.М. Кирова, Кафедра механического оборудования металлургических заводов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. – 680 с. : 381 ил. – 9350 экз. – ISBN 5-229-00037-6.
4. Салганик, В.М. Тонкослябовые литейно-прокатные агрегаты для производства стальных полос: Учебное пособие [Текст] / И.Г. Гун, А.С. Карандаев, А.А. Радионов. – М.: МГТУ им. Н. Э Баумана, 2003. – 506 с. : ил. – ISBN 5-7038-2250-5.
5. Беляев, Н.М. Соппротивление материалов [Текст] / Н.М. Беляев. – М.: Наука, 1976. – 608 с. : ил. – 200000 экз.
6. Биргер, И.А. Расчет на прочность деталей машин: Справочник [Текст] / В.И. Анурьев, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с. : ил. – 10000 экз. – ISBN 5-217-01304-0.
7. Марутов, В.А. Гидроцилиндры. Конструкции и расчет [Текст] / В.А. Марутов, С.А. Павловский. – М.: Машиностроение, 1966. – 170 с. : ил. – 10000 экз.
8. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя [Текст] / В.И. Анурьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил. – ISBN 5-217-02963-3.
9. Шилов, В.А. Расчеты рабочих клеток прокатных станов (методика и примеры): Методическое пособие по курсу "Оборудование цехов ОМД" для студентов всех форм обучения специальности 110600 - Об-

работка металлов давлением [Текст] / В.А. Шилов, Ю.В. Инатович. – Екатеринбург: УГТУ, 2000. – с. : 21 ил.

10. Дементий, Л.В. Охрана труда. Рекомендации по выполнению раздела в дипломном проекте бакалавра [Текст] / Л.В. Дементий, А.Л. Юсина. – Краматорск : ДГМА, 2012. – 176 с.
11. Пат. 0049798 Германия, МПК⁷ В 21 В 31/18, В 21 В 13/14, В 21 В 27/02. Прокатный стан [Текст] / Feldmann, Hugo, Hollmann, Friedrich, Weismann, Gerd. - №81107692.6; заявл. 28.09.81; опубл. 18.04.84. – 15 с. : 7 ил.
12. А. с. 509313, 1659147 СССР, МКИ³ В 21 В 31/02; В 21 В 37/04. Прокатная клетка кварто [Текст] / В.В. Веренев, О.Н. Кукушкин, Е.Г. Зиновьев (СССР). – №4760120/27; заявл. 23.10.89; опубл. 23.08.92, Бюл. №31. – 8 с. : 3 ил.