

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлургия и литейное производство»

И. В. Астапенко

ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ для студентов
специальности 1-42 01 01 «Металлургическое
производство и материалобработка (по направлениям)»
направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое
производство и материалобработка (металлургия)»
специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов
давлением» дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2015

УДК 621.77(075.8)
ББК 34.621я73
А91

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 8 от 23.09.2014 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Обработка материалов давлением» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *В. Ф. Буренков*

Астапенко, И. В.

А91 Оборудование прокатных цехов : практикум по выполнению лаб. работ для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)» специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев. и заоч. форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Представлены лабораторные работы для изучения методики перевалки прокатной клетки; изучения конструкции подшипниковых узлов и подушек прокатных клеток; изучения конструкции универсальных шпинделей; изучения нажимных механизмов.

Для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 621.77(075.8)
ББК 34.621я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ	4
1. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ПЕРЕВАЛКИ ПРОКАТНОЙ КЛЕТИ	5
2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ И ПОДУШЕК ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ 5-Й КЛЕТИ ЧЕРНОВОЙ ГРУППЫ СТАНА 150	18
3. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ШПИНДЕЛЕЙ	27
4. ИЗУЧЕНИЕ НАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ	39
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	47

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

Перед началом работы необходимо осмотреть и проверить стан:

- имеется ли смазка на шейках валков и в подшипниках всей передачи;
- исправно ли нажимное устройство;
- хорошо ли закреплены муфты на соединительных шпинделях, на месте ли ограждение.

Валки и рабочее место у стана должны быть хорошо освещены. Перед пуском стана следует предупредить всех работающих на стане. При работе стана категорически запрещается производить установку и перестановку проводок, снимать или открывать ограждения.

При прокатке коротких полос для задачи их в валки запрещается пользоваться напильником, ключом и другими металлическими предметами. Задачу нужно производить специальными деревянными брусками.

При прокатке длинных полос необходимо пользоваться проводками, установленными по ширине прокатываемой полосы, что предохраняет металл от сдвига в сторону и следить за правильной перпендикулярной подачей полосы в валки.

При задаче полосы необходимо держать ее за задний конец, а не за края. В противном случае при сдвиге полосы в сторону она может зажать пальцы или руку работающего. Если при задаче полосы валки ее не захватили, то необходимо приподнять верхний валок или заострить конец полосы.

Категорически запрещается:

- опираться на стан;
- отвлекаться и смотреть по сторонам;
- прокатывать посторонние предметы;
- допускать посторонних лиц к работе на стане;
- работать в распахнутой одежде;
- вытирать или смазывать валки во время их вращения со стороны входа в них металла;
- запрещается вталкивать металл с силой, навалившись всем телом
- включать стан без разрешения преподавателя или лаборанта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1
ТЕМА: ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ПЕРЕВАЛКИ ПРОКАТНОЙ
КЛЕТИ

Цель работы: Изучение методики перевалки прокатных клетей стана 150

1.1 Теоретическая часть

1.1.1 Схема расположения и описание оборудования стана 150

Прокатный стан «150» оборудован методической нагревательной печью с боковым и фронтальным расположением горелок, с шагающим водоохлаждаемым подом с кантовкой заготовок в печи.

Клетки непрерывного прокатного стана разделены на четыре группы:

- черновую, состоящую из шести клетей с горизонтальным расположением валков;
- первую промежуточную, состоящую из трех консольных клетей с горизонтальным расположением валковых шайб и трех консольных клетей с вертикальным расположением валковых шайб;
- вторую промежуточную, состоящую из двух консольных клетей с горизонтальным расположением валковых шайб и двух консольных клетей с вертикальным расположением валковых шайб
- проволочного блока, состоящего из десяти рабочих кассет с общим приводом и расположением валковых шайб под углом 45° к горизонту и 90° между соседними кассетами.

Каждая консольная клетка промежуточных групп снабжена устройством для быстрой замены валковых шайб.

Стан оборудован четырьмя трайбаппаратами:

- для задачи заготовки в первую клетку;
- двумя трайбаппаратами для транспортировки раската от клетки №16 до проволочного блока;
- для подачи катанки в виткообразователь.

Перед каждой клеткой второй промежуточной группы и перед проволочным блоком для прокатки без натяжения установлены петлерегуляторы.

Максимальная скорость прокатки – 120 м/с.

Для укладки катанки витками на транспортер имеется виткообразователь, а также оборудование для сбора витков в мотки, транспортировки и увязки.

Схема расположения основного технологического оборудования приведена на рис. 1.1.

Стан 150 снабжен секцией регулирования температуры раската перед проволочным блоком и двухстадийной системой термоупрочнения катанки, состоящей из секций водяного охлаждения после проволочного блока и воздушного охлаждения, состоящего из рольганга и системы подачи воздуха вентиляторами для охлаждения катанки после виткообразователя (система охлаждения Стельмор).

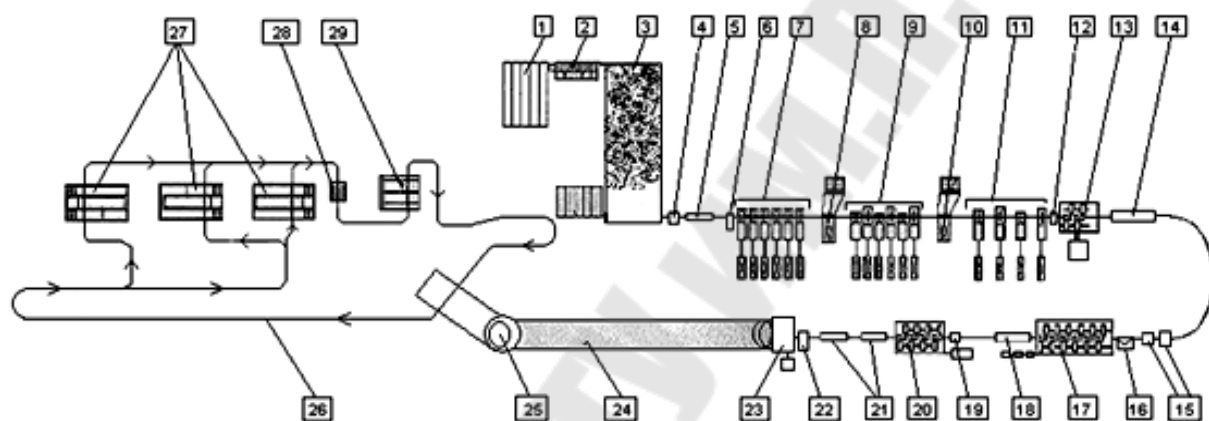


Рис.1.1-Состав оборудования стана 150.

1 – загрузочная решетка; 2 – весы; 3 – нагревательная печь; 4 – установка удаления окалины; 5 – терморольганг; 6 – трайбаппарат; 7 – черновая группа клетей; 8 – ротационные ножницы; 9 – первая промежуточная группа клетей; 10 – ротационные ножницы; 11 – вторая промежуточная группа клетей; 12 – аварийные ножницы; 13 – мини-блок 2-х клетевой; 14 – секция №1 водяного охлаждения; 15 – крошительные ножницы; 16 – горизонтальный петлерегулятор; 17 – проволочный блок; 18 – секция №2 водяного охлаждения; 19 – аварийные ножницы; 20 – редукционно-калибровочный блок 4-х клетевой; 21 – секция № 3.1 и № 3.2 водяного охлаждения; 22 – трайбаппарат; 23 – виткообразователь; 24 – рольганг «Стельмора» для воздушного охлаждения витков катанки; 25 – камера образования бунтов – бунтоприемник; 26 – крюковой конвейер; 27 – прессвязальные машины; 28 – весы для взвешивания бунтов; 29 – станция разгрузки бунтов.

Стан оснащен следящими и управляющими системами ЭВМ, а также локальными системами автоматического регулирования и управления технологическими агрегатами и механизмами на отдельных участках прокатного стана. Системы обеспечивают безопасную работу и безопасную остановку оборудования при аварийных ситуациях.

а) Черновая группа клетей.

Предназначена для получения из заготовок сечением 125×125, 135×135 и 140×140 мм раската диаметром 62,4 мм согласно схемы калибровки и режимов обжатий.

Состоит из шести клетей (3+3) с горизонтальным расположением валков и индивидуальным приводом через редуктор. Регулировка зазора между валками осуществляется вручную двумя шпинделями от червячного колеса с нажимными сухарями. После клетей № 1, 3 и 5 установлены роликовые проводки для кантовки на 90° раската скручиванием.

Таблица 1.1-Технологические характеристики черновой клетей №1-3

Черновая клеть №1-3				
Материал клетки	Материал валков	Диаметр валков, мм	Длина бочки валков, мм	Мощность привода, кВт
25Л	150ХНМ	550÷460	660	400

Таблица 1.2-Технологические характеристики черновых клетей №4-6

Черновая клеть №4-6				
Материал клетки	Материал валков	Диаметр валков, мм	Длина бочки валков, мм	Мощность привода, кВт
25Л	СШХН50	385÷450	460	600

б) Промежуточная и чистовая группа клетей.

Валковые шайбы консольных клетей № 7÷12 изготавливаются из высоколегированной стали с повышенным содержанием молибдена, ванадия и вольфрама по специальной технологии литья. Валковые шайбы консольных клетей № 13÷16 изготавливаются из твердого

сплава ВК 30. Валковые шайбы 2-х клетьевого блока, проволочного блока и редуционно-калибровочного блока изготавливаются из твердого сплава ВК10, ВК15 и ВК20.

Смену валков и прокатных шайб (перевалку) проводят при выработке всех калибров на них в зависимости от прокатанного тоннажа на калибр в соответствии с нормами съема металла с калибра, утвержденными главным инженером завода. Переход на новый калибр или замену шайб выполняют в соответствии с графиком, утвержденным старшим мастером стана.

Внеплановая смена калибров или перевалка разрешается только в случае преждевременного износа калибра или повреждения его рабочей поверхности, поломки валков или шайб, выхода из строя подшипников. Внеплановая перевалка или переход на новый калибр фиксируется сменным мастером стана в журнале рапортов с указанием причины.

1.1.2 Перевалка валков

1.1.2.1 Перевалка валков черновой группы клетей

Замену валков производят с помощью перевалочной тележки с гидравлическим приводом для перемещения изношенного комплекта валков из станины клетки, а нового комплекта валков на его место.

После окончания перевалки необходимо проверить крепление клетки на плитовине, валковой арматуры, подсоединение смазки и охлаждающей воды, установить в соответствующих местах защитное ограждение. Следует убрать с рабочей площадки все ненужные детали и инструмент, очистить площадку от мусора, окалины, масла и только после этого приступить к настройке клетей и прожигу калибров.

Ответственность за безопасное и качественное ведение работ по замене валков несут сменный мастер, вальцовщик черновой группы клетей и старший вальцовщик.

1.1.2.2 Замена валковых шайб на промежуточных группах клетей

Валковые шайбы с одним калибром закреплены на осях прокатных валков системой аксиального зажима валковых шайб.

Работа на установке по замене валковых шайб на консольных клетях, валковых шайб 2-х клетьевого блока, 10-ти клетьевого проволочного блока и 4-х клетьевого редуционно-калибровочного блока, также трайбаппарата перед виткообразователем должна выполняться только специально обученным персоналом согласно ПТИ.

При замене валковых шайб персонал пользуется перчатками трикотажными по ТУ ВУ 400100387.002-2007, салфетками обтирочными ГОСТ 4644-75, ацетоном ГОСТ 2768-84, техническим этиловым спиртом по ГОСТ 17299-78 применяемым для обезжиривания поверхности рабочих валов и валковых шайб.

Ответственность за безопасное и качественное ведение работ по замене валковых шайб несут сменный мастер, вальцовщик группы клетей и старший вальцовщик.

1.1.2.3 Замена валковых шайб на проволочном блоке

Валковые шайбы консольно закреплены на конусной части приводного вала конусной гильзой. Шайбы поставляются кассетной мастерской УРТО с предварительно установленной конусной гильзой.

Смена шайб осуществляется при помощи ручных гидравлических устройств для посадки и съема шайб.

Для съема валковой шайбы с приводного вала необходимо:

- отвинтить колпачковую гайку и снять защитный колпак;
- отжать установочным винтом траверсу, зажимающую конусную гильзу;
- вынуть траверсу, не вынимая полностью винт;
- ввести устройство в захваты конусной гильзы и повернуть до упора;

- подключить подачу рабочей жидкости и повышать давление до тех пор, пока конусная гильза с валковой шайбой не снимется с конической части вала;

- отключить подачу жидкости, снять устройство;

- снять валковую шайбу с конической гильзой и уложить в специально подготовленный транспортный ящик.

Монтаж валковых шайб осуществляется в обратной последовательности:

- после очистки и осмотра приводного вала шайбу с конусной гильзой надеть на вал;

- в просвет гильзы вставить прижимную траверсу и затянуть установочным винтом;

- на хвостовик приводного вала навинтить устройство для посадки шайб до касания контактного кольца с конусной гильзой и затянуть гаечным ключом до плотного прилегания кольца к конусной гильзе;

- включить подачу рабочей жидкости и поднять давление до плотной посадки гильзы с шайбой на коническую часть вала до 220 бар, повторить эту операцию дважды:

- отключить подачу жидкости, отсоединить устройство;

- поджать прижимную траверсу установочным винтом;

- надеть защитный колпак и навинтить колпачковую гайку.

Смена калибров производится переверотом валковых шайб на 180° в УРТО.

Аналогично с использованием дополнительных устройств осуществляется замена валковых шайб на 2-х клетьевом блоке и редукционно-калибровочном блоке. Ответственность за безопасное и качественное ведение работ по замене валковых шайб на блоках несут сменный мастер, вальцовщики 2-х клетьевого блока, проволочного блока и редукционно-калибровочного блока и старший вальцовщик стана.

1.1.2.4 Настройка рабочих клетей

Настройка рабочих клетей черновой группы проводится после перевалки валков или замены калибров. Настройка заключается в точной установке калибровочных зазоров между валками. Калибровочные зазоры должны соответствовать таблице калибровки данного профиля.

Валки прокатных клетей устанавливаются в клеть строго горизонтально. Нижние валки устанавливаются с помощью регулируемой по высоте пластины таким образом, чтобы сохранялся уровень прокатки 920 мм.

Верхние валки устанавливаются на требуемый зазор с помощью ручного храповика, воздействующего на нажимные винты через червячную передачу. Установка верхнего валка указывается на лимбе нажимного винта с дискретностью до 0,1 мм. Зазоры между крайними буртами валков должны быть одинаковыми и соответствовать схеме и таблице калибровки соответствующего профилеразмера. После окончательной установки верхнего валка лимбы нажимных винтов вручную устанавливают на “0”.

При установке валков обеспечивают соосность ручьев верхнего и нижнего валков. Осевое смещение верхнего валка проводят при помощи механизма осевой регулировки.

Настройка горизонтальных и вертикальных промежуточных групп консольных клетей заключается в установке зазора между валковыми шайбами в соответствии с требованиями калибровки. Регулировка зазора между шайбами осуществляется гидромотором с помощью эксцентрика через ходовой винт. Подбор и установка вводной и выводной валковой арматуры для каждой клетки проводится согласно таблицам валковой арматуры, составленным старшим калибровщиком.

Привалковая арматура подготавливается и собирается в проводковой мастерской. При установке валковой арматуры необходимо руководствоваться следующими положениями:

- перед установкой проводок убедиться в соответствии их внутренних размеров размерам, заданным калибровкой;

- привалковая арматура должна быть установлена симметрично относительно оси калибра;
- вводные и выводные проводки фиксируются на привалковом бруске с помощью зажимов и винтов;
- до начала работы следует проверить правильность подключения линий снабжения смазкой и охлаждающей водой и их работоспособность;
- во время пауз в процессе прокатки следует контролировать надежность клиновых и винтовых соединений, закрепляющих проводки на привалковом бруске.

При установке роликовых вводных проводок и кантующих проводок необходимо выполнить следующие операции:

- проверить правильность осевой регулировки валков;
- настроить с помощью переносного оптического устройства для настройки проводок проводки относительно калибров валков в поперечном направлении;
- закрепить проводку на привалковом бруске.

Настройка рабочих кассет проволочного блока проводится в соответствии с ПТИ 840-П-09-2008 “Сборка и настройка рабочих кассет проволочного блока “Морган”.

Настройка группы клетей и всего стана проводится после смены валков, валковых шайб или калибров, при появлении брака, вызванного нарушением настройки какой-либо из клетей, а также по мере износа калибров.

Основным условием прокатки на непрерывном стане является соблюдение равенства секундных объемов металла, проходящих через каждую клетку, которое достигается регулированием скорости вращения электродвигателей клетей. Настройка скорости вращения валков производится оператором ПУ-12.

Одновременно с настройкой стана производится настройка вспомогательного оборудования. Характерные неполадки в настройке стана и их причины приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3-Характерные неполадки в настройке стана и их причины

Характер неполадок	Причины, вызывающие неполадку
Передний конец раската не попадает в вводную проводку	1 Неточная установка клетки на оси прокатки. 2 Вводная валковая арматура установлена с отклонением от оси прокатки. 3 Дефекты в настройке вводной и выводной валковой арматуры предыдущей клетки, которые приводят к подгибу переднего конца раската или неправильной кантовке. 4 Чрезмерная выработка вводной и выводной валковой арматуры.
Пробуксовка переднего конца раската	1 Недостаточно прожжен калибр. 2 После смены валков или калибра не увеличен зазор между валками по дну калибра на 2-3 % (при пропуске первой) заготовки. 3 Подстужен передний конец раската.
Застревание переднего конца в вводной проводке	1 Вводная проводка установлена с проходным размером меньшим, чем предусмотрено технологией. 2 Сечение раската превышает установленное калибровкой. 3 Деформирован передний конец раската. 4 Попадание плены в вводную проводку. 5 Налипание металла на рабочую поверхность вводной проводки.
Застревание раската в ножницах при обрезке переднего конца	1 Нарушено соотношение линейных скоростей раската и ножниц. 2 Снижение скорости реза из-за неполадок в механической или электрической части привода ножниц.

1.2 Практическая часть

1.2.1 Порядок проведения работы

Работа проводится на лабораторном одноклетьевом двухвалковом прокатном стане ДУО 100 с использованием двухвалковой рабочей клетки.

Для регулировки лабораторного стана применяются образцы алюминиевых полос шириной 5...20 мм, толщиной 1...4 мм и длиной не менее 150 мм.

Характеристика прокатного стана

Диаметр рабочих валков:	D=100 мм
Длина бочки валка:	L=200 мм
Нажимное устройство:	винтовое с ручным приводом
Уравновешивающее устройство:	пружинное
Привод от двигателя переменного ток:	N=2,2 кВт, n=1430об/мин
Клиноременная передача:	$i_{кп}=2$
Шестеренная клеть:	$i_{шк}=1$
Скорость прокатки:	от 0 до 0,3 м/с

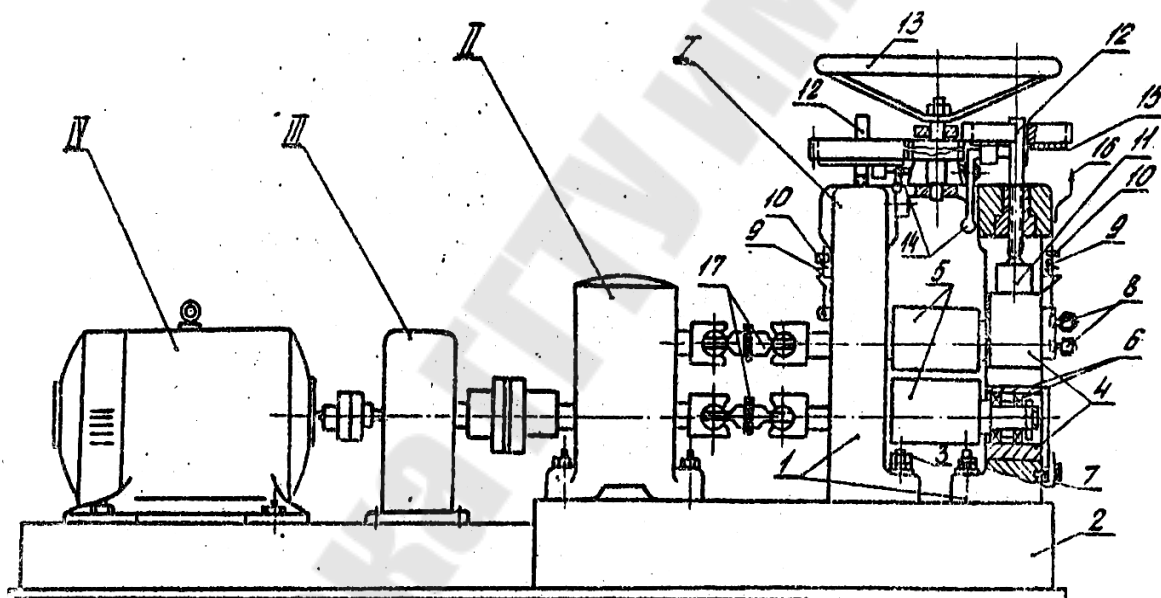


Рис.1.2-Схема прокатного стана ДУО 100

В состав стана входят: рабочая клеть I; шестеренная клеть II; редуктор III и электродвигатель IV.

Рабочая клеть (рис.1.3) состоит из двух стоек станины 2, укрепленных на опорной плите 1 с помощью болтов. Подушки 8 рабочих валков 7 стальные. Установлены валки на подшипниках качения 6. При помощи датчиков 5 производится экспериментальное определение усилия прокатки.

Регулирование положения верхнего валка производится с помощью устройства осевой регулировки валков, нажимного механизма и уравнивающего устройства.

Осевая регулировка валков производится при помощи планки, прижимающей фланец нижней подушки к рабочей клетке.

Верхний валок, при помощи нажимных винтов 3, устанавливается в соответствии с необходимым межвалковым зазором с помощью калиброванных по толщине пластин, или по шкале лимбов на нажимных винтах.

Регулировка параллельности валков производится с помощью уравнивающего и нажимного устройств, расположенных в верхней части клетки.

Шестеренная клетка II является редуктором с передаточным числом $i=1$. Служит для передачи вращения от одного электродвигателя к двум валкам.

Понижающий редуктор III установлен между электродвигателем и шестеренной клетью II, (в а.308 на стане ДУО 100 установлена клиноременная понижающая передача) и предназначен для уменьшения скорости вращения и увеличения крутящего момента.

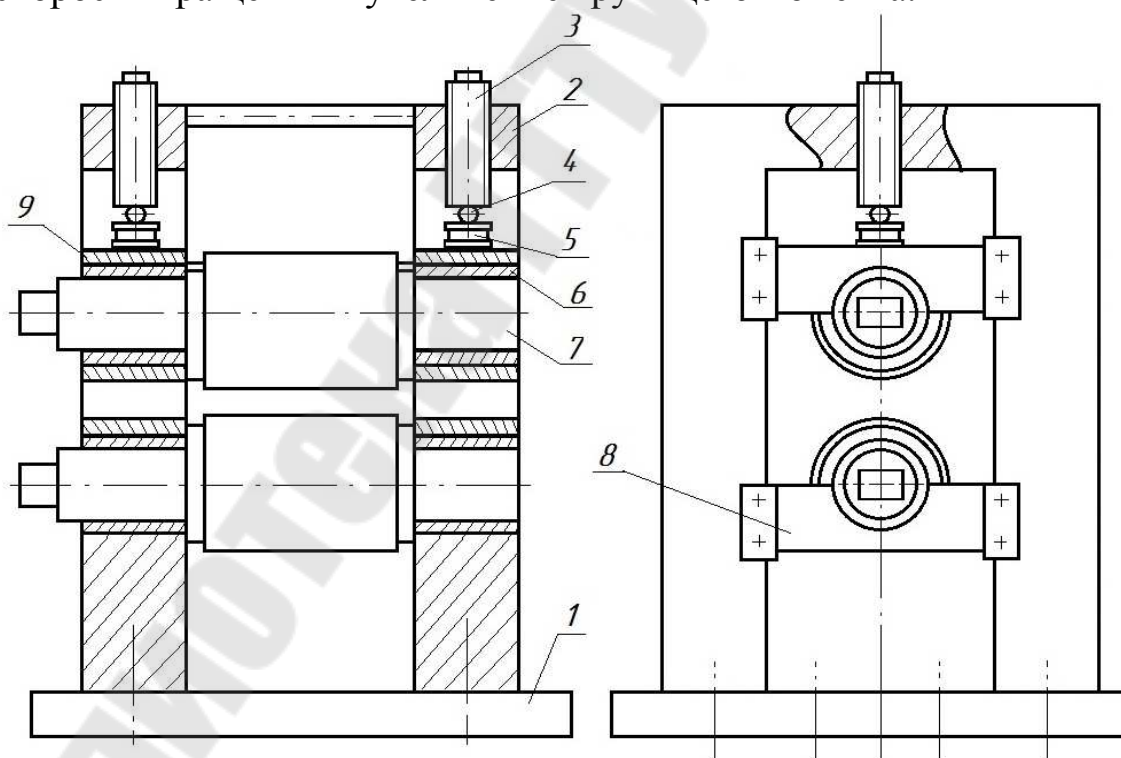


Рис. 1.3-Рабочая клетка:

- 1-опорная плита; 2-стойка станины; 3-нажимной винт;
- 4- шаровая опора; 5-мездоза; 6-втулки-подшипники скольжения;
- 7- валки; 8- подушки-опоры валков.

Привод лабораторного стана ДУО 100 осуществляется от двигателя переменного тока типа АИР с напряжением 380 В, мощностью 2,2 кВт и частотой вращения вала 1430 об./мин. Скорость прокатки не может изменяться и составляет 0,08 м/с.

1.2.2 Выполнение работы

Для ознакомления методики перевалки прокатного стана изучается конструкция указанного стана с составлением схемы рабочей линии стана ДУО 100.

Для изучения рабочих клеток вычерчиваются эскизные чертежи рабочих клеток стана ДУО 100.

Для получения навыков по перевалке и регулировке прокатного стана выполняется перевалка и настройка межвалкового зазора стана ДУО 100.

а) при перевалке клетью:

- вначале откручиваются и снимаются гайки и шайбы крепления опорной плиты 1 к плитовине (рис.1.3);
- с помощью грузоподъемного механизма клеть приподнимается и освобождаются шпинделя верхнего и нижнего валков;
- клеть транспортируется на место парковки;
- зацепляется сменная клеть и устанавливается на плитовину;
- зажимаются гайки с расчетом на максимальное усилие прокатки;

б) при перевалке валковым блоком:

- вначале откручиваются и снимаются гайки и шайбы крепления подушек 8 к стойкам станины 2 (рис.1.3.);
- с помощью грузоподъемного механизма валковый блок приподнимается и освобождаются шпинделя верхнего и нижнего валков;
- блок, через боковой проем, извлекается из клетки и транспортируется на место парковки;
- в обратном порядке в клеть устанавливается и зажимается сменный валковый блок;
- предварительно, с учетом пружины прокатной клетки, настраивается величина межвалкового зазора по калиброванным пластинам или лимбам на нажимных винтах;
- затем включается привод вращения валков и прокатывается образец;

- после прокатки измеряется размер, анализируется форма деформированного образца - его ось должна быть прямолинейна.

В случае неправильной настройки зазора по ширине валков образец после прокатки будет иметь дугообразную форму.

Для устранения перекоса установки валков необходимо с помощью нажимных винтов отрегулировать положение подушек прокатных валков.

Далее повторно прокатать второй образец и проанализировать его форму и размер после прокатки.

В случае если прямолинейность образца не получена проводится дополнительная регулировка положения валков.

После каждой прокатки образцов необходимо заэскизировать их форму.

Исходные материалы: полоса из алюминиевого сплава 4х30х200.

1.3 Содержание отчета

- Краткие теоретические сведения.
- Порядок проведения работы.
- Эскизы полученных образцов.
- Выводы.

1.4 Контрольные вопросы

- Кратко описать схему стана 150.
- Рассказать характеристики прокатных валков стана.
- В каких случаях осуществляется перевалка валков?
- Описать алгоритм перевалки каждой группы клетей стана 150.
- Какие виды брака и из-за чего могут возникнуть при неправильной перевалке и настройке клетей?
- Какие причины нелинейности и несоответствия размеров были выявлены при проведении прокатки в ходе лабораторной работы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2
ТЕМА: ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДШИПНИКОВЫХ
УЗЛОВ И ПОДУШЕК ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ 5-й КЛЕТИ ЧЕРНО-
ВОЙ ГРУППЫ СТАНА 150

Цель работы: ознакомиться с конструкцией подшипниковых узлов и подушек прокатной клетки.

2.1 Теоретическая часть

2.1.1 Конструкция и описание узлов прокатной клетки

Станина рабочей клетки представляет собой две массивные стальные литые станины, установленные на плитовины, прикрепленные к фундаменту анкерными болтами (рис.2.1). Станина - основной узел рабочей клетки - предназначен для восприятия усилий, возникающих при прокатке. Сила, возникающая при деформировании металла, воздействует через подшипники, валки, подушки, нажимной механизм и замыкается на станине. Поэтому станины проектируются с самым большим коэффициентом запаса прочности. Узел из двух станин служит соединительным элементом для установки и удержания всех механизмов рабочей клетки, обеспечивающих заданную точность прокатки и производительность стана. При конструировании станин особое внимание уделяется их прочности и жесткости.

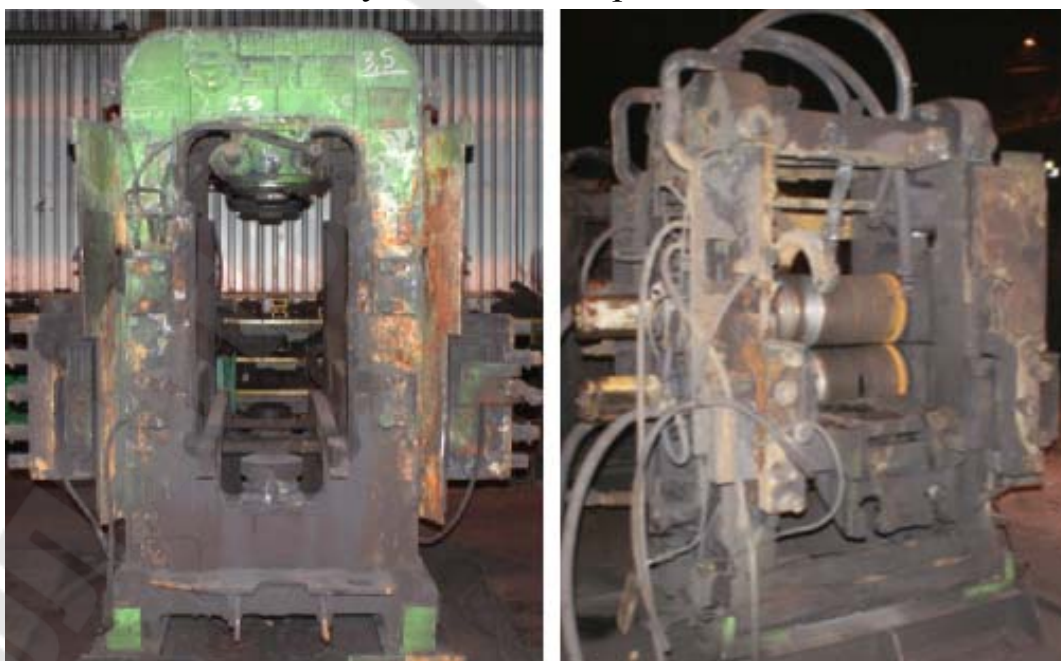


Рис.2.1-Станина прокатной клетки

Жесткость характеризуется модулем жесткости и определяется величиной усилия, необходимого на упругую деформацию станины. Установленная в пятой прокатной клетки станина является станиной закрытого типа и обеспечивает максимальную жесткость при одинаковых размерах относительно станин открытого типа. Получают такую станину стальным литьем. Недостатком такой станины является более трудоемкая замена валков с полушками. Технические характеристики станин пятой черновой клетки: материал сталь 35Л, масса 100 т.

Подушки валков предназначены для сохранения точного положения валков и передачи вертикальных и горизонтальных усилий прокатки.



Рис.2.2-Валковый блок в сборе

Подушки представляют собой специальное литье, удерживающее корпусные детали подшипников качения с входящими деталями: крышками, узлами уплотнений и регулировки зазоров в подшипниках и устанавливаются непосредственно в станину прокатной клетки (рис.2.2). Посредством воздействия нажимного винта подушка перемещается в вертикальной плоскости по пазам внутри станины. Материал подушки сталь 35Л.

Прокатные валки предназначены для деформации (обжатия) металла и придания ему требуемой формы поперечного сечения (рис.2.3).



Рис.2.3-Валки черновой группы клетей

Главный и единственный деформирующий инструмент прокатной клетки – прокатные валки. Они имеют вид цилиндра с местами посадки подшипников – шейками, которые подвергаются действию большого изгибающего момента, а поскольку валки в процессе деформирования проката вращаются, то они испытывают длительное воздействие знакопеременных нагрузок. Если цикличные напряжения превысят допустимый уровень, то произойдет быстропротекающее разрушение валка, называемое усталостным. Во избежание этого бочку валка делают большого диаметра, а в качестве материала используют чугунное литье. Технические характеристики валков: материал СШХН50, максимальный диаметр валков 450 мм, минимальный 385 мм, длина бочки валков 460 мм.

На сортовых станах широко применяют *подшипники качения* (рис.2.4), которые изготавливают по специальным заказам, так как они должны соответствовать специфическим требованиям: выдерживать большие нагрузки при прокатке и иметь малые габариты, необходимые для монтажа их в подушках валков.

В процессе модернизации стана 150 на первой клетки черновой группы были заменены двухрядные подшипники на четырехрядные. Роликовые четырехрядные подшипники хорошо самоустанавливаются и способны воспринимать большие осевые нагрузки. На каждой шейке рабочего вала установлен четырехрядный конический роли-

ковый подшипник. В качестве смазки применяют жидкие масла марки П – 28, автотракторное АК – 10 и другие. Жидкие масла обладают рядом преимуществ по сравнению с густыми мазями: допускают более высокие скорости вращения валков, более высокие температуры внутри подшипника, лучше работают в условиях низких температур. Подача жидкой смазки к узлам трения и возврат её для очистки и охлаждения осуществляются циркуляционными автоматическими системами.



Рис.2.4-Четырехрядный подшипник.

Четырехрядные конические роликоподшипники главным образом используются на шейках валков прокатных станов при небольших скоростях вращения. Так как к устанавливаемым в валки прокатных станов подшипникам предъявляются требования ограничения по размерам (подшипники ограничены по размерам диаметром шейки валка и минимальным диаметром самого валка), то конструкция четырехрядных конических роликоподшипников разработана с учетом этого и обеспечивает большую грузоподъемность, восприятие значительных осевых и радиальных нагрузок, не требуя установки дополнительных подшипников. Подшипники этого типа состоят:

- из двух пар комплектов конических роликов,
- двух сдвоенных внутренних колец,
- двух однорядных и одного сдвоенного наружного кольца,
- одного внутреннего дистанционного кольца и двух наружных дистанционных колец.

Чтобы смазка не вытекала из узлов трения, а также для предохранения этих узлов от воды, пыли и окалина применяют резиновые манжетные уплотнения. Смазка подшипниковых узлов осуществляется через систему отверстий внутри валка.

Четырёхрядный конический роликоподшипник монтируют в подушку прокатного валка в строго определённом порядке согласно нормировке. Перед монтажом на шейку валка подшипник устанавливают в горизонтальном положении на подставках. Подушку подшипника надевают на посадочную шейку валка. Затем монтируют детали, фиксирующие подшипник на валке. Лёгкость монтажа и демонтажа подшипника обеспечивается применением способа гидрораспора. Для этого в корпусе подушки предусмотрены отверстия для подачи масла.

Подшипники качения устанавливаются в подушках, которые располагаются в проёмах станины. Предназначены для преобразования трения скольжения в трение качения, передают усилия, возникающие при деформации металла, от валков на станину и другие узлы рабочей клетки и удерживают валки в заданном взаимном положении. В черновой группе клеток на валках установлены подшипники типа 77924 ГОСТ 8419-75 (серии диаметра 9) роликовые с короткими цилиндрическими роликами четырёхрядные, способные выдерживать огромные усилия прокатки и препятствующие осевому сдвигу валков (рис.2.5).



Рис.2.5-Подшипники 77924 ГОСТ 8419-75 5-й клетки стана 150

2.2 Практическая часть

2.2.1 Порядок проведения работы

Прокатать полосу 3x20x200 из алюминиевого сплава.

По месдозам измерить реакции опор на правом и левом нажимных винтах.

Измерить необходимые для расчета размеры подшипника стана.

Провести проверочный расчет подшипников для полученных условий прокатки.

2.2.2 Проверочный расчёт подшипникового узла

Исходные данные для расчета:

d – номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца, мм;

D – номинальный диаметр наружной цилиндрической поверхности наружного кольца, мм;

T – номинальная монтажная высота, мм;

A – номинальное расстояние от торца до оси смазочных отверстий, мм;

B – ширина наружного дистанционного кольца, мм;

r – координата монтажной фаски, мм;

F_T – радиальная нагрузка, действующая на подшипник (измеренная при прокатке), Н;

D – номинальный диаметр наружной конической поверхности наружного кольца, м.

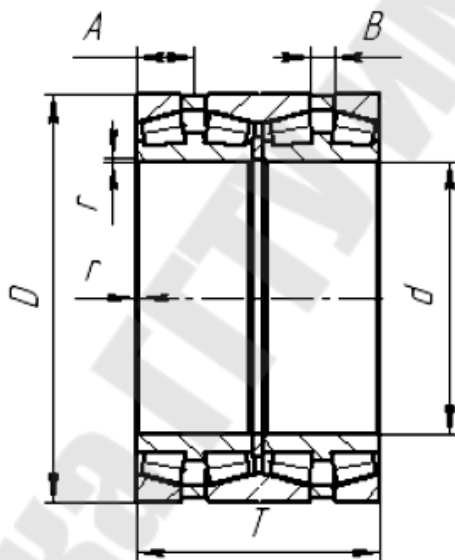


Рис. 2.6-Подшипник роликовый радиально-упорный конический четырехрядный.

2.2.3 Пример проверочного расчета подшипника

Расчет подшипника в опорах рабочего валка выполняется по методике приведенной в [1] и межгосударственным стандартом ГОСТ 18855-94 (ИСО 281-89) «Подшипники качения. Динамическая расчетная грузоподъемность и ресурс (долговечность)». В качестве примера подшипника для рабочих валков примем роликоподшипник радиальный конический четырехрядный M224700.

а) рассчитываем динамическую грузоподъемность:

1. Рассчитаем динамическую эквивалентную радиальную нагрузку:

$$P = V \cdot F_r \cdot K_B \cdot K_T, \quad (2.1)$$

где F_r – радиальная нагрузка на подшипник (в примере 19655Н);

V – кинематический коэффициент, учитывающий влияние вращения внешнего или внутреннего кольца подшипника на его срок службы, так как у нашего подшипника вращается внутреннее кольцо, то $V = 1$;

K_B – коэффициент динамичности, учитывающий влияние характера нагрузки на срок службы подшипника, равный $K_B = 1,6 - 1,8$ для реверсивных станков;

K_T – коэффициент, учитывающий влияние температурного режима работы, так как стан прокатывает нагретые заготовки, то примем температуру действующую на подшипник до 150°C , тогда $K_T = 1,1$.

$$P = 1 \cdot 19655 \cdot 1,7 \cdot 1,1 = 36755 \text{ Н}$$

2. Номинальная долговечность радиальных роликовых подшипников:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^k, \quad (2.2)$$

$$\text{и также } L = 60 \cdot n \cdot L_h / 10^6. \quad (2.3)$$

3. Требуемая динамическая грузоподъемность тогда:

$$C_{\text{расч}} = P \cdot \left(60 \cdot n \cdot L_h / 10^6 \right)^{1/k}, \quad (2.4)$$

где n – частота вращения кольца, мин^{-1} ;

L_h – долговечность рабочего валка, ч;

k – показатель степени: $k = 10/3$ для роликовых подшипников.

Найдем частоту вращения рабочего валка:

$$n_{\text{раб}} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot V_{\text{пр}}}{\pi \cdot D_{\text{раб}}}, \quad (2.5)$$

где $V_{\text{пр}}$ - скорость прокатки, (в примере $V_{\text{пр}} = 5 \text{ м/с}$).

$$n_{\text{раб}} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 5}{3,14 \cdot 250} = 382,2 \text{ мин}^{-1}.$$

$$C_{\text{расч}} = 36755 \cdot (60 \cdot 382,2 \cdot 168 / 10^6)^{3/10} = 55086 \text{ Н}$$

Вывод: по динамической грузоподъёмности подшипник соответствует (не соответствует) паспортной $C_{\text{расч}} = 55086 \text{ Н} < C = 788000 \text{ Н}$.

б) определяем скорректированный по уровню надёжности и условию применения расчётный ресурс подшипника, ч:

$$L_{\text{сах}} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^k \cdot \frac{10^6}{60n}, \quad (2.6)$$

где C - базовая динамическая грузоподъёмность подшипника;

$a_1 = 1$ - коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от необходимой надёжности;

$a_{23} = 1,1 \dots 1,3$ - коэффициент, характеризующий совместное влияние на ресурс особых свойств подшипника и условий его эксплуатации.

$$L_{\text{сах}} = 1 \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{788000}{36755} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 382,2} = 1417972,8 \text{ ч} = 59082 \text{ суток}.$$

Вывод: по уровню надёжности и расчетному ресурсу подшипник соответствует (не соответствует) эксплуатационным требованиям.

Результаты измерений и расчетов заносим в таблицу 2.1

Таблица 2.1 - Результаты измерений и расчетов

тип подшипника	d, мм	D, мм	T, мм	d ₀ , мм	r, мм	C, кН	C ₀ , кН	m, кг	A, мм

2.3 Содержание отчета

- Краткие теоретические сведения;
- Порядок проведения работы;
- Выводы.

2.4 Контрольные вопросы

- Назовите и покажите все конструктивные элементы подшипника;
- Почему шейку вала изготавливают конической?
- Назовите виды трения скольжения, и какой вид использован в подшипниках жидкостного трения;
- Объясните принцип работы подшипника жидкостного трения;
- Назовите типы подшипников, которые нашли применение в опорах валков;
- Назовите основные параметры подшипников качения;
- Расскажите алгоритм проверочного расчета роликовых подшипников.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3
ТЕМА: ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ
ШПИНДЕЛЕЙ

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия шпиндельного устройства 5-й клетки стана 150.

3.1 Теоретическая часть

3.1.1 Конструкция и описание узлов привода

Двигатель - предназначен для создания крутящего момента на прокатных валках. Должен обладать высокой мощностью, которая тратится на пластическую деформацию металла в калибрах прокатных валков. Также двигатель должен обладать неким запасом мощности по нескольким причинам: во-первых, мощность теряется в передающих крутящий момент элементах привода, а именно: в муфте, редукторе, шпинделях и подшипниках прокатных валков, во-вторых с учетом возможности модернизации прокатного стана может потребоваться дополнительная мощность привода, без его замены.

Вращение валков прокатной клетки обеспечивает асинхронный электродвигатель DKSAB 4519-6U (рис.3.1).



Рис.3.1-Электродвигатель DKSAB 4519-6U

Такие двигатели имеют простую конструкцию, они легки в изготовлении и относительно дешевы, в их конструкции отсутствует электрический контакт ротора со статором в отличие от двигателей

постоянного тока, что повышает их срок службы. Недостатком является низкий пусковой момент и невозможность точного регулирования частоты вращения ротора. Принцип действия асинхронного двигателя следующий: под действием тока в обмотке статора создается вращающееся магнитное поле, которое наводит ЭДС в обмотке ротора. ЭДС вызывает ток, создающий собственное магнитное поле ротора, вступающее во взаимодействие с магнитным полем статора. В результате создается электромагнитный момент, заставляющий ротор вращаться.

Электродвигатель DKSAB 4519-6U обладает следующими техническими характеристиками: мощность 600 кВт, частота вращения ротора 896/1600 об/мин, напряжение 590 В, сила тока 826/753 А, КПД 0,94. Двигатель обладает повышенным значением перегрузочной способности без снижения долговечности, имеет высококачественную систему изоляции обмотки статора, что обеспечивает надежную работу двигателей до 20 лет эксплуатации, на корпусе установлена принудительная система вытяжной вентиляции, защищающей его от перегрева. Он имеет усиленный корпус, снижающий уровни звука и вибрации. Соединение двигателя с редуктором осуществляется посредством упругой муфты.

Редуктор – механизм, служащий для передачи и преобразования крутящего момента от электродвигателя к прокатным валкам. В прокатном производстве их применяют для уменьшения частоты вращения до приемлемых значений, особенно в черновых клетях, где скорость прокатки невысока и необходимы высокие крутящие моменты на прокатных валках для пластической деформации металла. Обычно такие редукторы делают многоступенчатыми для обеспечения высокого передаточного числа, которое может достигать до 30 и более. Конструкция редукторов и их расчет усложняется прямо пропорционально их передаточному числу. Нередко валы сложных многоступенчатых редукторов располагаются не в одной, а в двух или даже трех плоскостях, что увеличивает количество разъемов корпуса, сборка которых весьма продолжительна и затруднена.

Часто редуктор выполняют в одном корпусе с шестеренчатой клетью для увеличения компактности оборудования. Для таких редукторов характерно наличие двух выходных валов с одинаковой частотой вращения. На рисунке 3.2 представлен редуктор с интегрированной шестеренчатой клетью, установленный в пятой клети стана 150, с передаточным числом 27, понижающий частоту вращения с

900...1350 до 21,1...38,9 об/мин. Это обеспечивает крутящий момент на ведомом валу, равный 72,996 кН·м. Передача в редукторе – цилиндрическая зубчатая, косозубая, позволяющая передавать повышенные крутящие моменты.

В шестеренчатом блоке применена шевронная передача, которая имеет много преимуществ по сравнению с прямозубой и косозубой: чрезвычайно плавный ход работы, отсутствие осевой силы.

При этом шевронная передача является самоустанавливающейся в осевом направлении, по причине чего нижний вал установлен на плавающих опорах, т.е. на подшипниках с короткими цилиндрическими роликами. Межосевое расстояние шестеренчатой клетки было подобрано исходя из межосевого расстояния валков прокатной клетки и составляет 430 мм.



Рис.3.2-Редуктор – шестеренчатая клеть

Муфта - обеспечивает передачу крутящего момента от одного вала к другому посредством их соединения с помощью надеваемых на валы полумуфт (рис.3.3). Валы расположены так, что геометрическая ось одного является продолжением оси другого.

Также муфта выступает в качестве предохраняющего звена привода в случае заклинивания валков и не допускает выхода из строя электродвигателя. Таким образом, муфта выполняет еще и защитную функцию. Упругие муфты втулочно – пальцевые (МУВП) наиболее широко распространены среди не только упругих, но и жестких, и

фрикционных муфт. В такой муфте нет необходимости крепить резину к металлу, легко заменять упругие элементы при износе. В этих муфтах момент передаётся через пальцы и насаженные на них упругие элементы в форме колец или гофрированных втулок. Такие муфты легки в изготовлении, просты в конструкции, удобны в эксплуатации и поэтому получили широкое применение, особенно для передачи вращения от электродвигателя. Радиальные и угловые смещения существенно снижают срок службы упругих элементов и повышают нагрузки на валы и опоры. МУВП допускает радиальные смещения 1...3 мм, осевые 2...6 мм, угловые 0,5...1°



Рис.3.3- Муфта упругая втулочно-пальцевая

Шпиндель – устройство, основанное на действии шарнира Гука, служащее для передачи крутящего момента от шестеренной клетки к валкам прокатной клетки, чьи валы пересекаются в центре карданной передачи и имеют возможность взаимного углового перемещения (рис.3.4). Их использование обусловлено необходимостью изменения межосевого расстояния валков. В устройстве шпинделя есть крестовина с насаженными на ее концы внутренними кольцами радиальные подшипники качения. Их наружные кольца закреплены в полумуфтах, соединенных валом, передающим вращательный момент от одного карданного блока к другому.



Рис.3.4- Шпиндель карданного типа 5-й клетки

Универсальный шпиндель имеет следующие технические характеристики: материал: сталь 40ХН, угол подъема до 10° . Из-за большой массы шпинделей для разгрузки подшипников редуктора и прокатных валков применяют гидравлическое уравнивающее устройство.

3.2 Практическая часть

3.2.1 Порядок проведения работы

Работа проводится на лабораторном одноклетьевом двухвалковом прокатном стане ДУО 100 с использованием двухвалковой рабочей клетки.

Для прокатки применяются образцы алюминиевых полос шириной 5...20 мм, толщиной 1...4 мм и длиной не менее 150 мм.

По месдозам измерить реакции опор на правом и левом нажимных винтах.

Измерить необходимые для расчета размеры шпинделя.

Провести проверочный расчет промежуточного вала шпинделя для полученных условий прокатки.

Оформить отчет.

Шпиндели предназначены для передачи валкам рабочей клетки вращения и крутящих моментов от шестеренной клетки или непосредственно от главных электродвигателей (рис.3.5).

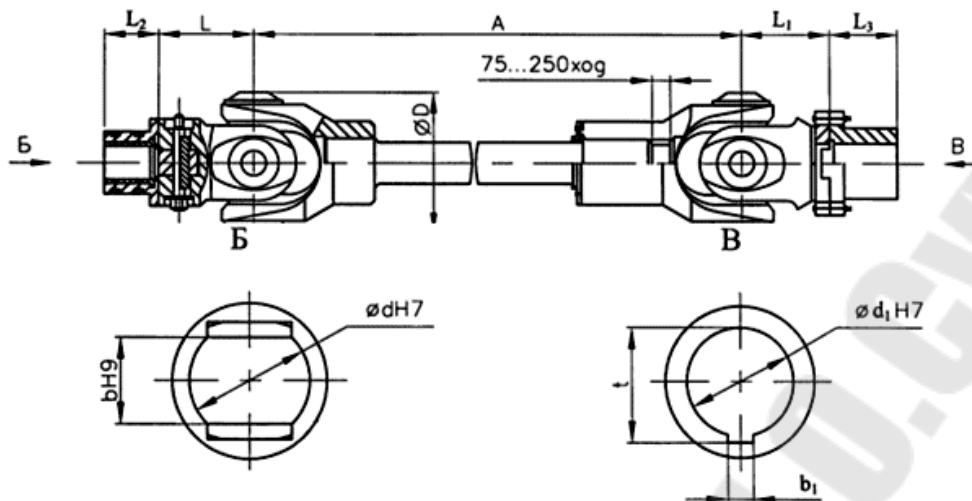


Рис.3.5. Шпиндель карданного типа на подшипниках качения.

На прокатных станах применяют шпиндели двух основных типов: универсальные, шарнирные и зубчатые. В основу конструкции универсальных шпинделей положен принцип шарнира Гука, эти шпиндели могут передавать вращение и крутящий момент под углом наклона до $8-10^\circ$.

Конструкция шпиндельных устройств на подшипниках качения для прокатных станов имеет следующие особенности: углы перекоса шарнирных муфт могут изменяться в широких пределах; стойкость подшипниковых узлов достаточно высока; шпиндели легко и быстро соединяются с прокатными валками; в подшипниковых узлах удерживается смазка; шпиндели центрируются и просты в эксплуатации. Большая грузоподъемность подшипниковых узлов достигается благодаря рациональной конструкции шарнирных муфт: подшипниковые узлы расположены у наружной поверхности муфты, благодаря чему удается установить мощные подшипники. Шпиндельное устройство состоит из двух шарнирных муфт, промежуточного вала и двух фланцев, один из которых соединяется с приводным концом прокатного валка, а второй - с валом шестеренной клетки.

Шарнир состоит из двух полумуфт и цельной крестовины и четырех подшипниковых узлов (рис.3.6).

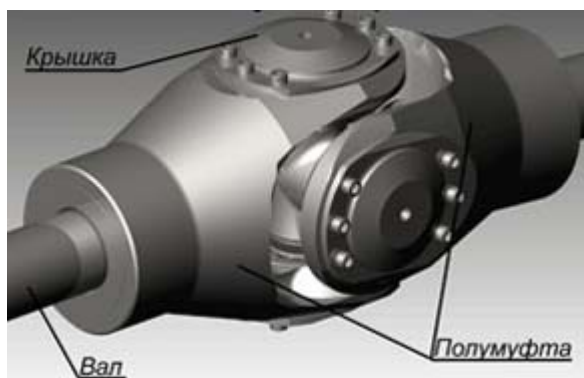


Рис.3.6.-Карданный шпиндель.

3.2.2 Пример расчёта промежуточного вала шпинделя

Исходные данные:

M_l - передаваемый крутящий момент, МН·м;

$n_{ш}$ - частота вращения шпинделя, об/мин;

γ - коэффициент кратковременной перегрузки; $\gamma = 2.2$.

Материал - сталь 40ХН с характеристиками:

$\sigma_s = 980 \text{ МПа}$;

$\sigma_T = 785 \text{ МПа}$;

$\sigma_{0l} = 600 \text{ МПа}$;

$\tau_{0l} = 600 \text{ МПа}$;

$\tau_T = 785 \text{ МПа}$.

Угол пересечения осей валов в вертикальной плоскости: $\delta_e = 11.67^\circ$.

Угол пересечения осей валов в горизонтальной плоскости: $\delta_z = 7.75^\circ$.

Угол пересечения осей валка и промежуточного вала в пространстве:

$$\delta = \text{arctg} \sqrt{(\tan(\delta_e))^2 + (\tan(\delta_z))^2} \quad (3.1)$$

$$\delta = 13.893^\circ$$

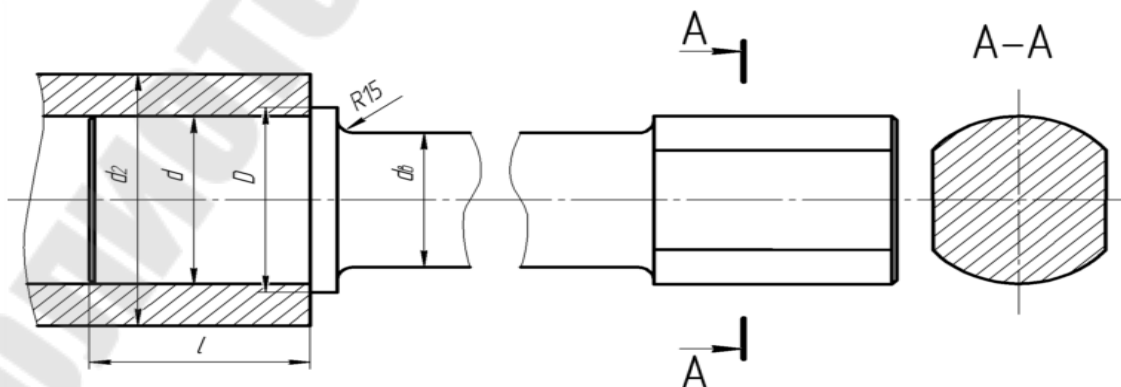


Рис. 3.7-Схема вала шпинделя.

Сечение 1-1 (участок вала с галтелью):

Диаметр вала: $d_g = 0.173 \text{ м}$;

Радиус галтели: $R = 0.01 \text{ м}$.

Остальные размеры по чертежу (см. рис.3.7):

$l = 0.186 \text{ м}$ $D = 0.218 \text{ м}$

$d_2 = 0.190 \text{ м}$ $d = 0.173 \text{ м}$

1. Момент сопротивления кручению:

$$W_k = 0.2 \cdot d_g^3, \quad (3.2)$$

$$W_k = 3.277 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

2. Касательные напряжения:

$$\tau = \frac{M_l}{W_k \cdot \cos \delta}, \quad (3.3)$$

$$\tau = 744,3 \text{ МПа}$$

3. Момент сопротивления изгибу:

$$W = 0.1 \cdot d_g^3, \quad (3.4)$$

$$W_k = 1.639 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

4. Нормальные напряжения:

$$\sigma = \frac{M_l \cdot \sin \delta}{W}, \quad (3.5)$$

$$\sigma = 347 \text{ МПа}$$

5. Коэффициенты запаса прочности при расчете на статическую прочность:

- по касательным напряжениям:

$$n_\tau = \frac{\tau_T \cdot \varepsilon}{\tau \cdot \gamma}, \quad (3.6)$$

$$n_\tau = 17.149$$

где $\varepsilon = 0.52$ - масштабный коэффициент.

- по нормальным напряжениям:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_T \cdot \varepsilon}{\sigma \cdot \gamma}, \quad (3.7)$$

$$n_\sigma = 53.475$$

6. Общий коэффициент:

$$n = \frac{n_\tau \cdot n_\sigma}{\sqrt{n_\tau^2 + n_\sigma^2}}, \quad (3.8)$$

$$n = 37.813$$

$$n > n_\delta$$

где $n_\delta = 1.3 \dots 2.5$ - минимальный допускаемый коэффициент запаса прочности.

При расчете промежуточного вала на циклическую прочность ограничимся определением коэффициента только по касательным напряжениям, так как нормальные напряжения незначительные и изменяются по пульсационному циклу. Общий коэффициент запаса прочности при расчете на выносливость $n = n_\tau$.

7. Находим предел выносливости промежуточного вала в сечении 1-1:

$$\phi_{1\delta} = \frac{\phi_m \cdot e_\phi \cdot e_\varepsilon}{k_\phi}, \quad (3.9)$$

$$\phi_{1\delta} = 887,5 \text{ МПа}$$

где $\varepsilon = 0.52$ - масштабный коэффициент;

$\varepsilon_\beta = 0.8$ - коэффициент состояния поверхности, без упрочнения;

$\tau = 1.5$ - эффективный коэффициент концентрации напряжений.

- коэффициент чувствительности материала детали к асимметрии цикла для стали 40ХН:

$$\phi_{0\delta} = \frac{2 \cdot \phi_{1\delta}}{1 + \Psi \tau}, \quad (3.10)$$

$$\phi_{0\delta} = 169 \text{ МПа}$$

где $\Psi \tau = 0.05$.

За расчетный предел выносливости примем значение $\tau_{0\delta}$, так как вал работает без изменения направления вращения (нереверсивная работа).

8. Коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям:

$$n_1 = \frac{\tau_{0\delta}}{\tau}, \quad (3.11)$$

$$n_1 = 22,12$$

$n_1 > n_{1\partial}$, где $n_{1\partial} = 1.3...2.5$ - минимальный допускаемый коэффициент запаса прочности. Таким образом, статическая и циклическая прочность промежуточного вала обеспечена.

9. Угол закручивания промежуточного вала на единицу длины:

$$\Psi_0 = \frac{M_1 \cdot z \cdot 10^{-8}}{\cos \partial \cdot 14 \cdot d^4}, \quad (3.12)$$

$$\Psi_0 = 0.028 \text{ град}$$

где $\psi = 0.25.. 0.5$ - допускаемый максимальный угол закручивания в градусах на 1 м длины.

10. Частота собственных колебаний промежуточного вала:

$$f = 1.2 \cdot 10^4 \cdot \frac{d}{l^2}, \quad (3.13)$$

$$f = 6.66 \cdot 10^4 \text{ об / мин}$$

Частота вынужденных колебаний промежуточного вала: $n_{uu} = 350$ об/мин. Так как $n_{uu} \ll f$, то резонанса не будет.

11. Прессовое соединение промежуточного вала с полумуфтой должно обеспечивать передачу крутящего момента:

$$M_{max} = \frac{M_1 \cdot z}{\cos \partial}, \quad (3.14)$$

$$M_{max} = 5.367 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

12. Определяем требуемый натяг δ_1 :

$$\delta_1 = \frac{2 \cdot M_{max} \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}{p \cdot d \cdot l \cdot f_1}, \quad (3.15)$$

где $f_1 = 0.14$, коэффициент трения;

C_1, C_2 - коэффициенты Лямэ: $C_1 = 0.7$.

$$C_2 = \frac{(d_2)^2 + d^2}{(d_2)^2 - d^2} + 0.3, \quad (3.16)$$

$$C_2 = 11$$

Модули упругости материала вала и полумуфты:

$$E_1 = 2110 \text{ МПа}$$

$$E_2 = 2110 \text{ МПа}$$

$$\delta_1 = 4.225 \cdot 10^{-4}$$

Для посадки Ø192 H8/u8 средний натяг $\Delta = 236$ мкм.
Половины полей допусков вала и отверстия:

где $\delta_d = 36$ мкм, $\delta_D = 40$ мкм.

$$\delta_2 = \sqrt{(\delta_d)^2 + (\delta_D)^2}, \quad (3.17)$$

$$\delta_2 = 53.814 \text{ мкм}$$

13. Минимальный вероятностный натяг:

$$\delta_{\text{вер. min}} = \Delta - \delta_2, \quad (3.18)$$

$$\delta_{\text{вер. min}} = 182.86 \text{ мкм}$$

14. Максимальный вероятностный натяг:

$$\delta_{\text{вер. max}} = \Delta + \delta_2, \quad (3.19)$$

$$\delta_{\text{вер. max}} = 289.814 \text{ мкм}$$

15. Расчетный натяг:

$$\delta_1 \cdot 10^6 = 422.527 \text{ мкм}$$

16. Наибольшее эквивалентное напряжение возникает на внутренней поверхности, охватывающей детали полумуфты:

$$P = \frac{\delta_{\text{вер. max}} \cdot 10^{-6}}{d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (3.20)$$

$$P = 300,7 \text{ МПа}$$

$$y_{\text{эkv}} = \frac{2 \cdot P}{1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2}, \quad (3.21)$$

$$y_{\text{эkv}} = 351,8 \text{ МПа} < \sigma_m = 785 \text{ МПа}$$

17. Вывод: Эквивалентное напряжение, действующее в сечении вала, ниже предела текучести, значит, прочность обеспечена.

3.3 Содержание отчета

- Краткие теоретические сведения.
- Порядок проведения работы.
- Выводы.

3.4 Контрольные вопросы

- Назовите и покажите все конструктивные элементы шпинделей.

- Какие конструктивные задачи решают с помощью шпинделей?
- Назовите основные типы шпинделей, их достоинства и недостатки.
- Объясните принцип работы шпинделей.
- Назовите основные характеристики шпинделей.
- Расскажите алгоритм проверочного расчета шпинделей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ТЕМА: ИЗУЧЕНИЕ НАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Цель работы: ознакомиться с конструкцией нажимного механизма 5-й клетки черновой группы стана 150

4.1 Теоретическая часть

Нажимное устройство предназначено для установки вертикального положения прокатных валков. Воздействует непосредственно на подушку. По виду привода НУ делят на электро-механические, ручные и гидравлические. Могут устанавливать заданный раствор перемещением верхнего или обоих валков. Применяемый вид механической передачи винт-гайка дает огромный выигрыш в силе, однако контактирующие поверхности подвергаются большим усилиям и относительно быстро приходят в негодность. Нажимной винт воспринимает усилие прокатки, вращаясь в бронзовой гайке. Вращение винта происходит за счет вращения червячного колеса, насаженного на винт шлицевым соединением. Вращение червячного колеса, в свою очередь, передается от червяка. Нажимной винт воспринимает усилие прокатки, вращаясь в бронзовой гайке. Вращение винта происходит за счет вращения червячного колеса, насаженного на винт шлицевым соединением. Вращение червячного колеса, в свою очередь, передается от червяка.



Рис.4.1- Нажимное устройство

В пятой прокатной клетки осуществлен ручной привод с большим передаточным числом (рис.4.2). Материал винта сталь 40ХН, материал гайки бронза БрАЖМц 10-3-1,5. Для экономии бронзы гайки выполняют бандажированными.



Рис.4.2-Нажимной механизм, установленный в клет.

4.2 Практическая часть

4.2.1 Ход работы

Работа проводится на лабораторном одноклетьевом двухвалковом прокатном стане ДУО 100 с использованием двухвалковой рабочей клетки.

Прокатать полосу 3x20x200 из алюминиевого сплава.

По месдозам измерить реакции опор на правом и левом нажимных винтах.

Измерить необходимые для расчета размеры нажимного механизма.

Провести проверочный расчет для полученных условий прокатки.

Оформить отчет.

4.2.2 Расчет нажимного механизма прокатного стана.

Схема нагружения винтового нажимного устройства показана на рис.4.3. Нажимной винт вращается в гайке, установленной в поперечине станины рабочей клетки.

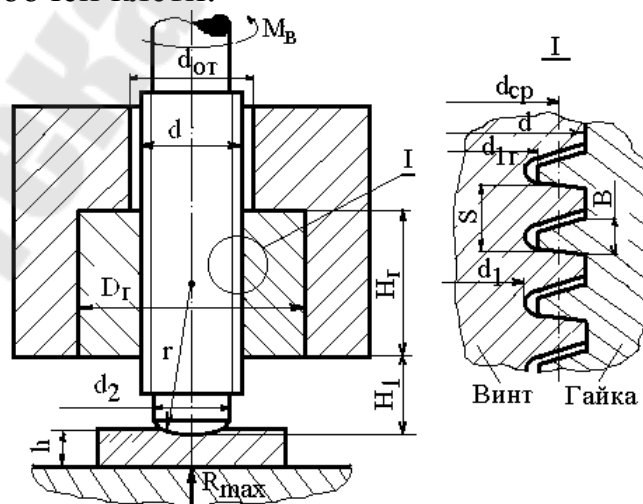


Рис. 4.3-Расчетная схема винтового нажимного устройства

а) расчет нажимного винта:

Нажимные винты обычно изготавливают из ковanej углеродистой или низколегированной стали с пределом прочности, указанным в табл. 4.1.

Таблица 4.1-Предел прочности σ_s материала нажимных винтов

Марка стали	Предел прочности, МПа
50	600 - 650
40X - 40XH	750 - 1000
50X - 50XH	850 - 1100

Нажимной винт воспринимает реакцию от усилия прокатки на шейку валка R_{max} , и при настройке межвалкового зазора в процессе прокатки, - крутящий момент M_s , который приложен к приводному концу винта (см. рис. 4.3). Таким образом, в общем случае, нажимной винт подвергается сжатию и кручению.

Крутящий момент, необходимый для привода во вращение винта рассчитывают по формуле:

$$M_s = R_{max} \left[f_n \frac{d_2}{3} + \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \right], \quad (4.1)$$

где d - наружный диаметр резьбы винта;

d_2 - диаметр пяты винта;

d_{cp} - средний диаметр резьбы винта;

f_n - коэффициент трения в пяте винта, принимающий значение 0.15÷0.30 в зависимости от типа смазки;

α - угол подъема резьбы;

φ - угол трения в резьбе.

Параметр d_{cp} выбирают в зависимости от типа резьбы (обычно упорная) и наружного диаметра винта по ГОСТ. Для ориентировочного расчета этого параметра можно использовать приближенную формулу:

$$d_{cp} = d - 0,75 \cdot S, \quad (4.2)$$

где S - шаг резьбы.

Угол подъема резьбы рассчитывают по формуле

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{S}{\pi \cdot d} \right). \quad (4.3)$$

Угол трения в резьбе можно определить по формуле

$$\varphi = \arctg(f_s), \quad (4.4)$$

где f_s - коэффициент трения в резьбе, равный $0.05 \div 0.15$ в зависимости от типа смазки.

Напряжение кручения в винте рассчитывают по формуле

$$\tau_s = \frac{M_s}{0.2 \cdot d_1^3}, \quad (4.5)$$

где d_1 - внутренний диаметр резьбы винта. В случае, если в процессе прокатки настройку зазора между валками не производят, τ_s принимают равным нулю.

Напряжение сжатие рассчитывают по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{4 \cdot R_{max}}{\pi \cdot d_1^2}. \quad (4.6)$$

Суммарные напряжения в винте от совместного действия сжатия и кручения определяют по 4-й теории прочности:

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + 3 \cdot \tau_s^2}. \quad (4.7)$$

Далее рассчитывают коэффициент запаса прочности винта

$$n = \frac{\sigma_s}{\sigma_\Sigma} \text{ и проверяют выполнение условия прочности } n = \frac{\sigma_s}{\sigma_\Sigma} \geq [n].$$

ПРИМЕР. Рассчитать на прочность нажимной винт рабочей клетки кварто 2500 стана холодной прокатки, изготовленный из стали марки 40ХН с пределом прочности 1000 МПа. Размеры винта с упорной резьбой по ГОСТ 10177-82 (см. рис. 4.3), м: $d = 0.56$, $d_1 = 0.5392$, $d_2 = 0.535$, $S = 0.012$, $d_{cp} = 0.549$. Максимальное усилие на винт: $R_{max} = 17.5$ МН.

РЕШЕНИЕ:

1. Примем коэффициент трения в пяте винта $f_n = 0.2$ (густая смазка), а коэффициент трения в резьбе $f_s = 0.1$ (жидкая смазка).

2. По формулам (4.3) и (4.4) определяем:

- угол подъема резьбы $\alpha = \arctg\left(\frac{0.012}{\pi \cdot 0.56}\right) = 0.007 \text{ рад.}$

- угол трения в резьбе $\varphi = \arctg(0.1) = 0.0997 \text{ рад.}$

3. Рассчитываем крутящий момент, необходимый для вращения винта, по формуле (5.1)

$$M_s = 17.5 \left[0.2 \frac{0.535}{3} + \frac{0.549}{2} \text{tg}(0.007 + 0.0997) \right] = 1.14 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

4. Напряжения кручения в теле винта рассчитаем по формуле (4.5):

$$\tau_{\epsilon} = \frac{1.14}{0.2 \cdot 0.5392^3} = 36.4 \text{ МПа.}$$

5. Напряжения сжатия по формуле (4.6):

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{4 \cdot 17.5}{\pi \cdot 0.5392^2} = 76.6 \text{ МПа.}$$

6. Суммарные напряжения в винте рассчитываем по формуле (4.7):

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{76.6^2 + 3 \cdot 36.4^2} = 99.2 \text{ МПа.}$$

7. Коэффициент запаса прочности составит:

$$n = \frac{1000}{99.2} = 10.1.$$

8. Условие прочности выполняется, так как расчетное значение коэффициента запаса прочности превышает допустимое: $n \geq [n] = 5$.

б) расчет нажимной гайки

Гайки к нажимным винтам обычно изготавливают из бронзы, например, марок АЖ9-4 или АЖМц10-3-1.5 с характеристиками прочности, приведенными в табл. 4.2.

Таблица 4.2-Предел прочности материала нажимной гайки

Марка материала	Предел прочности, МПа	
	по нормальным напряжениям (смятие, изгиб) σ_{ϵ}	по касательным напряжениям(срез) τ_{ϵ}
Бр АЖ9-4	400-500	270-300
Бр АЖМц10-3-1.5	500-600	300-360

Гайка находится под действием реакции от усилия прокатки R_{max} , поэтому тело гайки рассчитывают на смятие по поверхности ее опоры на поперечину станины, а резьбу гайки рассчитывают на изгиб, смятие и срез.

Напряжение смятия на поверхности соприкосновения гайки с поперечиной станины рассчитывают по формуле:

$$\sigma_{см.г.} = \frac{4 \cdot R_{max}}{\pi(D_z^2 - d_{om}^2)}, \quad (4.8)$$

где D_z -наружный диаметр гайки; d_{om} -диаметр отверстия в поперечине станины для прохода нажимного винта (см. рис. 5.1).

Напряжения в витках резьбы гайки определяются величиной усилия, действующего на один виток $\frac{R_{max}}{m}$, где m - число витков в гайке, определяемое в зависимости от высоты гайки H_z и шага резьбы S : $m = \frac{H_z}{S}$.

Напряжение смятия резьбы гайки рассчитывают по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{R_{max}}{m} \cdot \frac{4}{\pi(d^2 - d_{Iz}^2)}, \quad (4.9)$$

где d - внутренний диаметр резьбы гайки (обычно принимают равным наружному диаметру винта); d_{Iz} - наружный диаметр резьбы гайки, который можно определить по приближенной формуле $d_z = d - 1.7 \cdot S$ (см. рис. 4.3).

Напряжение изгиба в резьбе рассчитывают по формуле

$$\sigma_{из} = \frac{R_{max}}{m} \cdot \frac{4}{\pi(d^2 - d_{Iz}^2)}, \quad (4.10)$$

где B - ширина витка резьбы у основания (см. рис. 4.3).

Напряжение среза в резьбе

$$\tau_{ср} = \frac{R_{max}}{m} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d \cdot B}. \quad (4.11)$$

Коэффициенты запаса прочности по нормальным напряжениям рассчитывают по формуле $n = \frac{\sigma_g}{\sigma_i}$, где σ_i , соответственно $\sigma_{см.г.}$, $\sigma_{см}$

или $\sigma_{из}$, а для касательных напряжений по формуле $n = \frac{\tau_g}{\tau_{ср}}$. Значения

предела прочности по нормальным или касательным напряжениям могут быть приняты по данным табл. 4.2. Затем проверяют выполнение условия прочности $n = \frac{\sigma_g}{\sigma} \geq [n]$.

ПРИМЕР. Рассчитать на прочность гайку нажимного механизма вертикальной клетки широкополосного стана 1700. Размеры гайки с

упорной резьбой по ГОСТ 10177-82 (см. рис.4.3), м: $D_r=0.29$, $H_r=0.30$, $d_{от}=0.24$, $d_{1r}=0.20$, $d=0.23$, $S=0.020$, $B=0.0125$. Материал гайки - Бр. АЖ 9-4Л. Максимальная реакция на винт от усилия прокатки $R_{max}=1.5$ МН.

РЕШЕНИЕ:

Рассчитываем напряжение смятия на поверхности соприкосновения гайки с поперечиной станины по формуле (4.8)

$$\sigma_{см.г.} = \frac{4 \cdot 1.5}{\pi(0.29^2 - 0.24^2)} = 72.1 \text{ МПа.}$$

Определяем количество витков гайки, находящееся в зацеплении $m = \frac{0.3}{0.02} = 15$ и усилие, действующее на виток резьбы

$$\frac{R_{max}}{m} = \frac{1.5}{15} = 0.1 \text{ МН.}$$

Напряжение смятия резьбы гайки рассчитываем по формуле (4.9):

$$\sigma_{см} = 0.1 \cdot \frac{4}{\pi(0.23^2 - 0.2^2)} = 9.9 \text{ МПа.}$$

Напряжение изгиба в резьбе рассчитываем по формуле (4.10):

$$\sigma_{из} = 0.1 \cdot \frac{1.5 \cdot (0.23 - 0.2)}{\pi \cdot 0.23 \cdot 0.0125^2} = 39.8 \text{ МПа.}$$

Напряжение среза в резьбе по формуле (4.11):

$$\tau_{ср} = 0.1 \frac{1}{\pi \cdot 0.23 \cdot 0.0125} = 11.1 \text{ МПа}$$

Рассчитаем коэффициенты запаса прочности при $\sigma_g=400$ МПа и $\tau_g=270$ МПа(см. табл.4.2):

- для поверхности соприкосновения гайки с поперечиной станины:

$$n = \frac{400}{72.1} = 5.5;$$

- для резьбы гайки по напряжениям смятия:

$$n = \frac{400}{9.9} = 40.4;$$

- для резьбы гайки по напряжениям изгиба:

$$n = \frac{400}{39.8} = 10.1;$$

- для резьбы гайки по напряжениям среза:

$$n = \frac{270}{11.1} = 24.3.$$

Результаты расчета свидетельствуют, что условия прочности нажимной гайки выполняются, так как все коэффициенты запаса прочности превышают минимально допустимое значение: $n \geq [n] = 5$.

4.3 Содержание отчета

- Краткие теоретические сведения.
- Порядок проведения работы.
- Выводы.

4.4 Контрольные вопросы

- Назовите и покажите все конструктивные элементы нажимного устройства.
- Почему гайку изготавливают из бронзы?
- Назовите виды нажимных устройств, нарисуйте их кинематические схемы.
- Какие достоинства и недостатки винтовых нажимных устройств?
- Расскажите алгоритм проверочного расчета нажимного устройства.
- Какие особенности нажимных устройств клеток стана 320 и черновой группы стана 150 ОАО «БМЗ»? В чем их преимущества и недостатки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анурьев В.И.. Справочник конструктора – машиностроителя. Изд. 8-е в 3-х тт. – М.: Машиностроение, т. 2, 2001.
2. Гулидов И.Н. Оборудование прокатных цехов. М.: Интермет Инжиниринг, 2004.-320 с.
3. Давильбеков Н.Х. Оборудование прокатных цехов (учебник). - Алматы: КазНТУ, 2002.- 243с .
4. Колесников А.Г., Яковлев Р.А. Механизмы и устройства рабочих клеток прокатных станов: Учеб. пособие по курсу «Расчет и конструирование прокатных станов». – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008. - 63с.: ил.
5. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Металлургия». 1985.- 376 с.
6. Кохан Л.С, Соколов О.В. Механическое оборудование цехов по обработке металлов давлением.- М.: Metallurgy, 1989.- 624 с.
7. Перель Л.Я., Филатов А.А. Подшипники качения: Справочник. – М.: «Машиностроение». 1992.- 608 с.
8. Целиков А.И., Полухин П.И. и др. Машины и агрегаты металлургических заводов, Т.3. - М.: Metallurgy, 1988.- 438 с.

Астапенко Игорь Васильевич

ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ

Практикум

**по выполнению лабораторных работ для студентов
специальности 1-42 01 01 «Металлургическое
производство и материалобработка (по направлениям)»
направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое
производство и материалобработка (металлургия)»
специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов
давлением» дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 18.03.15.

Пер. № 143Е.
<http://www.gstu.by>