

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

**Н.А. Барков**  
**В.П. Катрюк**  
**Д.С. Ворошилов**

## **Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов**

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Красноярск  
СФУ  
2011

2011 УДК 621.771.02(07)

ББК 34.378Я73

Ф 20

Составитель Барков Н.А.

**Барков Н.А., Катрюк В.П., Ворошилов Д.С.**

Ф 20 Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов. Методические указания по выполнению лабораторных работ [Текст] / сост. Н.А. Барков, В.П. Катрюк, Д.С. Ворошилов – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – ?? с.

Изложена методика проведения лабораторных работ по курсу «Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов». Даны основные теоретические сведения, методика и справочные данные для выполнения лабораторных работ.

УДК 621.771.02(07)

ББК 34.378Я73

© Сибирский

федеральный

университет, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ</b>	4
1.1. На прокатном стане	4
1.2. На прессе	4
1.3. На волочильном стане	5
<b>2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ПАСПОРТИЗАЦИЯ ПРОКАТНОГО СТАНА</b>	5
2.1. Общие сведения о прокатном стане	5
2.2. Методика проведения работы	7
2.3 Структура отчета	9
<b>3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ РАБОЧЕЙ КЛЕТКИ И ПРЕДЕЛА ЭЛАСТИЧНОСТИ</b>	9
3.1. Общие сведения	9
3.2. Методика проведения работы	10
3.3. Структура и содержание отчета	12
<b>4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. УПРУГИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТАНИНЫ И ВАЛКОВ ПРОКАТНОГО СТАНА</b>	13
4.1. Общие сведения	13
4.2. Методика проведения работы	13
4.3. Структура и содержание отчета	16
<b>5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОКАТНОГО СТАНА И МОЩНОСТИ ПРИ ПРОКАТКЕ</b>	16
5.1. Общие сведения	16
5.2. Методика проведения работы	19
5.3. Структура и содержание отчета	19
<b>6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ НАЛАДКА ПРУТКОВО-ПРОФИЛЬНОГО ПРЕССА</b>	20
6.1. Общие сведения	20
6.2. Методика проведения работы	21
6.3. Структура и содержание отчета	21
<b>7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ПАСПОРТИЗАЦИЯ ПРЕССОВОЙ УСТАНОВКИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРЕССОВОЙ УСТАНОВКЕ</b>	22
7.1. Общие сведения	22
7.2. Методика проведения работы	23
7.3. Структура и содержание отчета	23
<b>8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ПАСПОРТИЗАЦИЯ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ</b>	24
8.1. Общие сведения	24
8.2. Методика проведения работы	25
8.3. Структура и содержание отчета	27

# **1. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ**

## **1.1. На прокатном стане**

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. Категорически запрещается вытирать или смазывать валки во время их вращения со стороны входа в них металла. 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. Если же проводки почему-либо нельзя установить, необходимо внимательно 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 вталкивать металл с силой, навалившись всем телом.

Категорически запрещается:

- опираться на стан;
- отвлекаться и смотреть по сторонам;
- прокатывать посторонние предметы;
- допускать посторонних лиц к работе на стане;
- работать в распахнутой одежде;
- включать стан без разрешения преподавателя или лаборанта.

## **1.2. На прессе**

Необходимо следить за гидросистемой высокого давления. При обнаружении малейшей течи немедленно прекратить работу и сообщить об этом преподавателю или лаборанту. Категорически запрещается поправлять контейнер или образец под нагрузкой. При сборке контейнера необходимо следить за правильностью сборки. Давление при прессовании необходимо добавлять медленно без рывков. При резком повышении нагрузки немедленно

снять давление в системе и прекратить прессование. При разборке контейнера необходимо пользоваться ключом, закрепляя контейнер в тасках.

### **1.3. На волочильном стане**

Необходимо следить за надежным закреплением волокни в волокодержателе. Категорически запрещается производить волочение без смазки. При волочении проволоки необходимо стоять в стороне от стана, т.к. в случае обрыва конец проволоки может нанести увечье. При заправке проволоки необходимо следить за правильностью установки волокни. Заправку производить со стороны входной распушки (рабочей зоны). Категорически запрещается прикасаться руками при волочении к проволоке и волочильному барабану. В случае отрыва проволоки необходимо немедленно остановить стан.

## **2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ПАСПОРТИЗАЦИЯ ПРОКАТНОГО СТАНА**

### **2.1. Общие сведения о прокатном стане**

Прокатным станом называется комплекс машин и агрегатов, предназначенных для пластической деформации металла в валках, дальнейшей его обработки и транспортировки.

Часть оборудования прокатного стана, предназначенная для деформации металла (прокатки), называется основным оборудованием и устанавливается в главной линии прокатного стана (рис. 2.1).

В зависимости от типа и количества валков различают станы: дуо - двухвалковые; трио - трехвалковые; кварто - четкрехвалковые; шести-, двенадцати- и двадцати валковые. Станы бывают реверсивные - с изменением направления вращения валков и неревверсивные - с постоянным направлением вращения валков.

В зависимости от назначения станы разделяются: лентопрокатные, листопрокатные, сортопрокатные, фольгопрокатные. По количеству и расположению рабочих клеток станы делятся: одноклетьевые, линейные, когда несколько клеток расположены в линии по оси валков и имеют один привод; непрерывные, когда несколько клеток расположены друг за другом по линии прокатки и каждая клетка имеет свой привод. Это неревверсивный стан. Полунепрерывные - тоже что и непрерывные, только имеют реверсивные клетки.

По способу обработки различают станы горячей прокатки, и станы холодной прокатки.

Рабочая клетка состоит из двух станин. По конструкции станины бывают открытого типа, если верхняя поперечина станины съемная и закрытого типа,

если станина представляет жесткую раму. Изготавливают станины из литой стали или чугуна.

В окнах станины помещаются подушки с подшипниками. В прокатных станах применяются подшипники следующих типов: скольжения открытого в закрытого типов, качения. Подушки подшипников изготавливаются из сталей. Вкладыши подшипников бывают текстолитовые, лигнофоля, лигностона, бронзовые. В подшипниках крепятся прокатные валки, которые изготавливаются из чугуна или стали. Валки бывают твердые, полутвердые, особо твердые, мягкие. Твердость определяют прибором Шора. Размеры валков зависят от назначения стана.

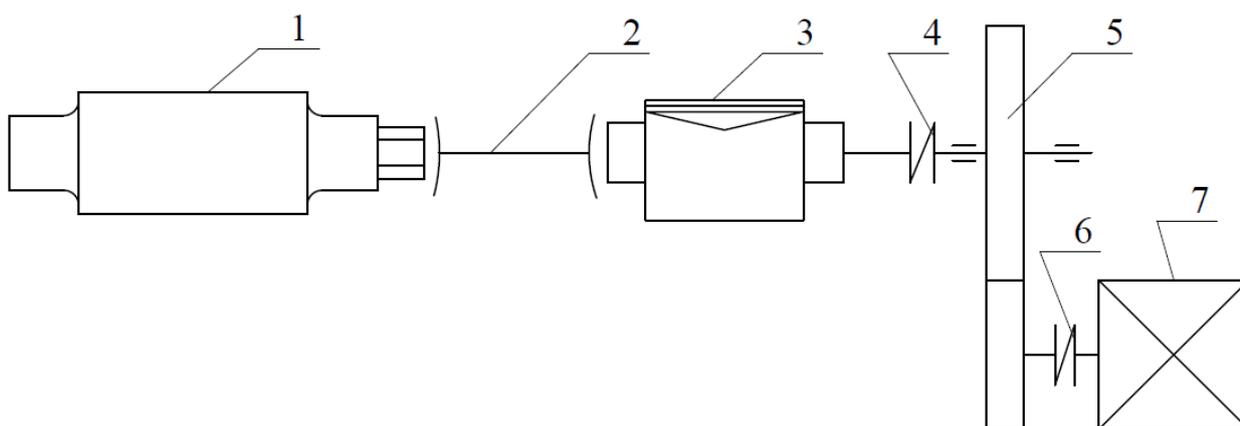


Рис. 2.1. Схема главной линии прокатного стана: 1-рабочая клетка; 2-соединительные шпиндели; 3-шестеренная клетка; 4-коренная муфта; 5-редуктор; 6-моторная муфта; 7-двигатель.

Максимальная ширина прокатываемой полосы определяется по формуле:

$$b_{\max} = (0,8 \div 0,9)L \quad (2.1)$$

где  $L$  – длина бочки валка.

Число оборотов ( $n$ ) определяют тахометром или по секундомеру, а окружную скорость валков вычисляет по формуле:

$$V = \frac{\pi D n}{60} \quad (2.2)$$

где  $D$  - диаметр валков.

Соединительные шпиндели бывают двух типов - универсальные итрефовые, изготавливают шпиндели из стали.

Шестеренная клеть служит для разделения крутящего момента, передаваемого от двигателя между валками. Количество шестерен в клети равно количеству приводных валков в стане. Шестеренные валки изготавливают из стали, тип зуба – шевронный, редко прямой.

Коренная муфта обычно фрикционная, служит для соединения редуктора с шестеренной клетью.

Редуктор по типу бывает: открытый и закрытый, одно и двухступенчатый. Передаточное число редуктора различно.

Нажимное и уравнивающее устройства служат для изменения расстояния между валками. Нажимные винты изготавливают из стали с специальной двухсторонней или трапециодальной упорной резьбой. Шаг резьбы различен и зависит от типа стана. Непосредственно да стане определяют: шаг резьбы, передаточное отношение редуктора, величину передвижения винта за один оборот нажимного устройства.

Уравнивавшее устройство может быть пружинное, гидравлическое, грузовое, подвесное. Служат для прижатия верхнего валка к пяте нажимного винта.

Привод делятся на: синхронный, асинхронный, шунтовой и др. Тип пускового устройства: пусковой реостат, кнопочное и др.

## 2.2. Методика проведения работы

Начертить схему главной липки предложенного преподавателем прокатного стана. Произвести требуемые замеры и описания узлов стана со схемами и требуемыми расчетами. Все данные занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Паспорт прокатного стана

№ позиц.	Наименование узлов и деталей	Единицы измер.	Параметр
1	2	3	4
1.	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ		
1.1	Тип стана		
1.2	Назначение		
1.3	Максимальная ширина проката	мм	
1.4	Число клетей	шт	
1.5	Габариты		
	длина	мм	
	ширина	мм	
	высота	мм	

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
2.	РАБОЧАЯ КЛЕТЬ		
2.1	Тип станины		
2.2	Материал станины		
2.3	Ширина окна станины	мм	
2.4	Высота окна станины	мм	
2.5	Сечение стойки станины	мм <sup>2</sup>	
2.6	Сечение поперечины	мм <sup>2</sup>	
2.7	Материал валков		
2.8	Твердость бочки по Шору		
2.9	Состояние поверхности		
2.10	Диаметр бочки	мм	
2.11	Длина бочки	мм	
2.12	Диаметр шейки	мм	
2.13	Длина шейки	мм	
2.14	Диаметр трефа	мм	
2.15	Длина трефа	мм	
2.16	Число оборотов валков	об/мин	
2.17	Окружная скорость валков	м/с	
2.18	Тип подшипников		
2.19	Материал подушек		
2.20	Материал вкладышей		
2.21	Охлаждение и смазка подшипников		
2.22	Тип резьбы нажимного винта		
2.23	Шаг резьбы	мм	
2.24	Наружный диаметр винта	мм	
2.25	Внутренний диаметр винта	мм	
2.26	Тип передачи		
2.27	Передаточное отношение		
2.28	Значение 1-го оборота штурвала	об/мин	
2.29	Цена деления шкалы перемещения винта	мм	
2.30	Привод нажимного устройства		
2.31	Тип уравновешивающего устройства		
2.32	Максимальный подъем верхнего валка		
3.	ШЕСТЕРЕННАЯ КЛЕТЬ		
3.1	Назначение		
3.2	Тип зуба шестеренных валков		
3.3	Диаметр шестеренных валков	мм	
3.4	Межцентровое расстояние	мм	
3.5	Диаметр шейки шестеренного вала	мм	
3.6	Тип подшипников		
3.7	Длина трефа	мм	
4.	ШПИНДЕЛИ		
4.1	Тип шпинделей		
4.2	Материал шпинделей		
4.3	Муфты и их материал		

Продолжение таблицы 2.1

4.4	Длина тrefовой муфты	мм	
1	2	3	4
4.5	Диаметр тrefовой муфты	мм	
5.	РЕДУКТОР		
5.1	Тип редуктора		
5.2	Передаточное отношение 1-ой пары		
5.3	Передаточное отношение 2-ой пары		
5.4	Суммарное передаточное отношение		
5.5	Тип зуба редуктора		
5.6	Материал шестерен		
6.	ДВИГАТЕЛЬ		
6.1	Тип двигателя		
6.2	Род тока		
6.3	Напряжение	В	
6.4	Число оборотов	об/мин	
6.5	Мощность	кВт	
6.6	Реверсивность		

### 2.3 Структура отчета

Отчет должен содержать:

- цель работы и основные задачи;
- основные теоретические вопросы;
- методику выполнения работы;
- обработку результатов эксперимента;
- выводы по работе;
- литературу.

## 3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ РАБОЧЕЙ КЛЕТИ И ПРЕДЕЛА ЭЛАСТИЧНОСТИ

### 3.1. Общие сведения

Под действием сил прокатки происходит упругая деформация рабочей клетки, которая состоит из:

- упругого сжатия вкладышей, подушек, нажимных винтов;
- упругого растяжения стоек станины;
- упругого прогиба верхней и нижней поперечин станин;
- упругого сжатия валков.

В результате всех четырех видов деформации расстояние между валками в момент прокатки увеличивается, т.е. толщина выходящего из валков металла будет несколько больше, чем зазор между валками до прокатки. В этом случае толщину металла после прокатки можно определить по формуле Головина-Симса:

$$h_i = S_i + \Delta_i = S_i + \frac{P_i}{C} \quad (3.1)$$

где  $h_i$  - толщина после прокатки, мм;  $S_i$  - раствор валков, мм;  $P_i$  - сила прокатки, кН;  $C$  - коэффициент жесткости клетки, кН/мм.

Коэффициент жесткости клетки можно определить теоретически и экспериментально.

Теоретическое определение коэффициента жесткости затруднительно, так как необходимо определить все составляющие упругой деформации.

Последняя составляющая - упругое сжатие валков, кроме того влияет на предел выкатываемости, т.е. существует определенный предел толщины полосы из данного материала, которая может быть прокатана на валках данного диаметра. При достижении этого предела происходит упругая деформация валков и дальнейшее обжатие полосы невозможно. С увеличением диаметра валков упругая деформация их увеличивается, следовательно, предельная толщина, которую можно прокатывать на этих валках тоже увеличивается и наоборот.

Из формулы (3.1) следует, что абсолютная упругая деформация клетки

$$\Delta_i = \frac{P_i}{C} = h_i - S_i \quad (3.2)$$

Преобразив формулу (3.2), получим, что коэффициент жесткости рабочей клетки будет:

$$C = \frac{P_i}{\Delta_i} = \frac{P_i}{h_i - S_i} \quad (3.3)$$

Величина обжатия заготовки за один проход определяется по формуле:

$$\Delta h_i = h_{i-1} - h_i \quad (3.4)$$

где  $h_{i-1}$  - толщина заготовки до прокатки, мм;  $h_i$  - толщина заготовки после прокатки.

### 3.2. Методика проведения работы

1. Алюминиевые отожженные образцы шириной  $b = 100, 75, 50, 25, 15$  мм, длиной  $l = 100$  мм и толщиной  $h = 2$  мм прокатывают за один проход, причем, валки устанавливаются так, чтобы образец шириной 100 мм после прокатки был обжат с обжатием  $\Delta h = 0,5$  мм. За один проход при этой установке валков прокатывают последовательно все остальные образцы и измеряют их толщину. В процессе прокатки измеряют при помощи месдоз силу

прокатки на каждом нажимном винте и находят суммарную силу прокатки по формуле:

$$P_i = P_1 + P_2 \quad (3.5)$$

где  $P_1$  - сила прокатки на правом винте, кН;  $P_2$  - сила прокатки на левом винте, кН.

Данные опыта заносят в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Номер образца	Ширина образца $b$ , мм	Толщина образца до прокатки $h_0$ , мм	Толщина образца после прокатки $h_1$ , мм	Абсолютное обжатие $\Delta h$ , мм	Сила прокатки			Абсолютная упругая деформация клетки $\Delta$ , мм	Коэффициент жесткости клетки $C$ , кН/мм
					$P_1$	$P_2$	$P_i$		
1									
2									
3									
4									
5									

После прокатки широкая полоса получается толще, узкая - тоньше. Разность между толщиной этих полос характеризует относительную упругую деформацию стана, которую подсчитывают по отношению к самой узкой полосе

$$\Delta' = h_n - h_s \quad (3.6)$$

По данным табл. 3.1 строят график зависимости  $\Delta' = f(P)$  (рис. 3.1).

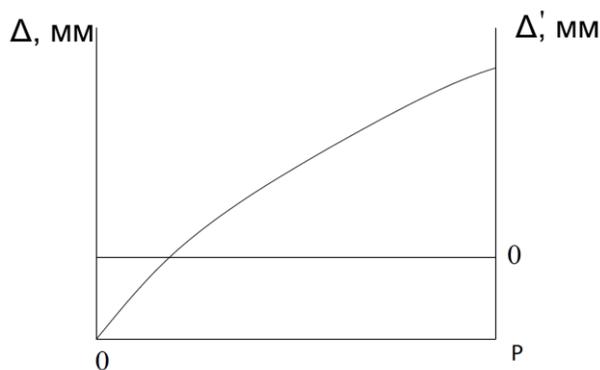


Рис. 3.1. График для определения упругой деформации клетки

Данные для  $\Delta'$  откладывают по осям ординат справа. Затем проводят

кривую и экстраполируют ее до пересечения с левой осью ординат. Таким образом, получают новое начало координат, от которого вверх откладывают новый масштаб (фактической упругой деформации  $\Delta$ ).

По рис. 3.1 можно определить и коэффициент жесткости клетки С. Он равен силе, при которой деформация клетки равна 1 мм.

2. Два алюминиевых образца размером 1,0 x 50 x 100 мм прокатывают на прижатых валках в несколько проходов, один на стане с диаметром валков 150 мм, другой на стане с диаметром валков 400 мм. Прокатку ведут, не меняя раствора валков, до тех пор, пока толщина до прохода не будет равна толщине после прохода. После каждого прохода, по возможности точнее, измеряют толщину полосы и заносят в табл. 3.2.

По данным табл. 3.2 строят график в координатах  $h_0 - h_1$  (рис. 3,2) и находят предел выкатываемости для данного стана с данным диаметром валков,  $h_{min}$ .

Таблица 3.2

Номер прохода	Стан дуо 150				Стан дуо 400			
	$h_0$ , мм	$h_1$ , мм	$\Delta h$ , мм	Предел выкатываемости	$h_0$ , мм	$h_1$ , мм	$\Delta h$ , мм	Предел выкатываемости

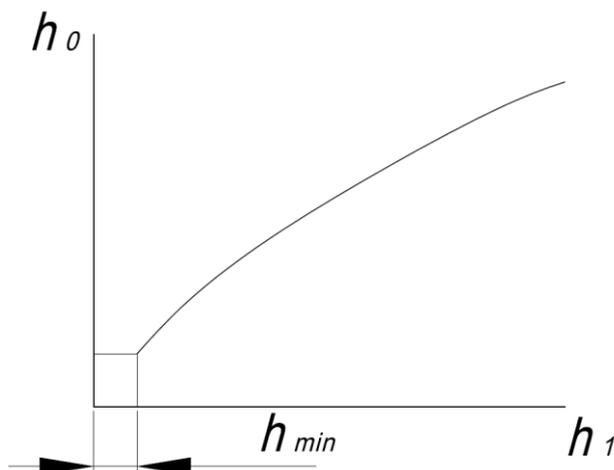


Рис. 3.2. График для определения предела выкатываемости.

### 3.3. Структура и содержание отчета

Отчет о лабораторное работе должен включать в указанной последовательности:

- цель работы и основные задачи;
- теоретическое введение;
- методику выполнения работы;

- обработку результатов эксперимента;
- анализ полученных результатов и выводы по работе;
- литературу.

## **4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. УПРУГИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТАНИНЫ И ВАЛКОВПРОКАТНОГО СТАНА**

### **4.1. Общие сведения**

В процессе прокатки металла между валками происходит упругое сжатие валков и растяжение стоек станины. Это явление влияет на точность прокатываемой полосы. Чем тверже материал полосы и чем больше диаметр валков при прочих равных условиях, тем больше упругое сжатие бочки валков.

По мере перехода к обработке более жестких материалов падает возможность его обработки, а требования, предъявляемые к стойкости валков растут, если стойкость недостаточна валки начинают пластически деформироваться, закаленный слой отслаивается, т.е. валки выходят из строя.

Упругая деформация валков складывается из упругого прогиба валка и упругого радиального сжатия. Относительное развитие того и другого зависит от соотношения размеров валка и от условий прокатки. Так, например, по мере увеличения диаметра валков, упругое сжатие уменьшается, а абсолютная величина радиального сжатия растет, снижение жесткости обрабатываемого металла вызывает уменьшения других деформаций прокатных валков, а так как жесткость обрабатываемого металла, помимо физических его свойств, зависит от контактных сил трения, то всякое их уменьшение дает увеличение обжатия и коэффициента вытяжки. Это особенно эффективно проявляется при применении смазки бочки валков. Упругий прогиб валков приводит к поперечной разнотолщинности полосы. Повышение жесткости валков, станины и других деталей стана приводит к повышению точности проката.

### **4.2. Методика проведения работы**

1. Два стальных или латунных образца размером  $h_0 \times b_0 \times l = 0,5-0,7 \times 40-50 \times 100$  и один свинцовый образец размером  $0,4-0,5 \times 10 \times 100$  после тщательного измерения толщины микрометром, прокатывают одновременно на сухих валках с обжатием  $\Delta h = 0,2$  мм (рис. 4.1) так, чтобы свинцовый образец находился между двумя стальными (латунными).

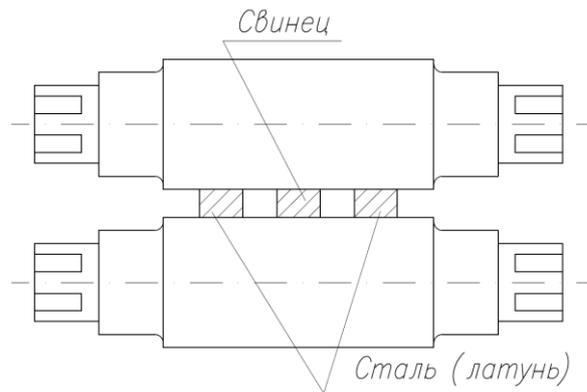


Рис. 4.1. Схема прокатки трех образцов.

Так как свинец обладает незначительным по сравнению со сталью (латунью) сопротивлением деформации и, кроме того, он подвергается малому обжатию, то можно пренебречь радиальным сжатием валка в месте соприкосновения его со свинцовым образцом. Поэтому упругое радиальное сжатие валков в месте касания со стальной (латунной) полосой определяют по формуле:

$$\Delta_{сж} = \frac{1}{2} \left( \frac{h_1 + h_3}{2} - h_2 \right) \quad (4.1)$$

где  $h_1, h_3$  - толщина стального (латунного) образца;  $h_2$  - толщина свинцового образца.

Толщину образцов после прокатки  $h$  следует измерять по середине их ширины.

2. Четыре алюминиевых образца размером 2 x 40 x 100 прокатывают два раза на стане с диаметром валков 150 мм: один на сухих валках, другой смазанный с обжатием  $\Delta h = 1$  мм, и два на стане с диаметром валков 400 мм по аналогичной технологии. После прокатки тщательно измеряют толщину каждого образца в трех точках (рис. 4.2)

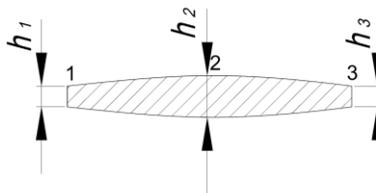


Рис. 4.2. Поперечное сечение образцов после прокатки

Определяют поперечную разнотолщинность каждого образца по формуле

$$\Delta_p = h_2 - h_1 = h_2 - h_3 \quad (4.2)$$

Данные заносят в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Вид прокатки	Стан дуо 150					Стан дуо 400				
	$h_0$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$\Delta_p$	$h_0$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$\Delta_p$
Без смазки										
Со смазкой										

3. Три алюминиевых образца размером 1 x 50 x 400 мм прокатывают в один проход на сухих валках с обжатием  $\Delta h = 0,1; 0,25; 0,50$ , измеряют в каждом проходе силу прокатки  $P_{п}$ .

Напряжение растяжения в стойке станины (без учета изгиба стойки) можно определить по закону Гука теоретически:

$$\sigma = \frac{\Delta l}{L} \cdot E \quad (4.3)$$

где  $\Delta l$  - удлинение стойки станины;  $L$  - расстояние между точками крепления тензометра (база тензометра);  $E$  - модуль нормальной упругости (для литой стали  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, для серого чугуна  $E = 1 \cdot 10^5$  МПа).

Вместе с тем, напряжение растяжения стойки станины можно определить экспериментально, если известна сила прокатки  $P_{п}$ , по формуле:

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{2F} \quad (4.4)$$

где  $P_1$  - сила, действующая на нажимной винт;  $F$  - площадь поперечного сечения стойки станины.

Площадь поперечного сечения стойки станины  $F$  определяют по возможности точно с учетом всех выемок и выступов. Все данные заносят в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Номер образца	$h_0$ , мм	$h_1$ , мм	$\Delta h$ , мм	Сила прокатки	Удлинение	Напряжение в	Напряжение в стойке по	$\frac{\sigma_1}{\sigma_1}$

				$P_1,$ Н	$P_2,$ Н	стой- ки $\Delta l,$ мм	стойке $\sigma_1',$ по ф. 4.4	ф. 4.3	
--	--	--	--	-------------	-------------	-------------------------------	-------------------------------------	--------	--

Отношение  $\sigma_1 / \sigma_1'$  характеризует точность опытов и расчетов, оно должно быть близким к единице.

### 4.3. Структура и содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен включать в указанной последовательности:

- цель работы и основные задачи;
- теоретическое введение;
- методику выполнения работы;
- обработку результатов эксперимента;
- анализ полученных результатов и выводы по работе;
- литературу.

## 5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОКАТНОГО СТАНА И МОЩНОСТИ ПРИ ПРОКАТКЕ

### 5.1. Общие сведения

Расход энергии при прокатке является существенной величиной, учитываемой при проектировании новых станов, определяющей собой мощность главного двигателя стана и мощность, передаваемую всеми передаточными устройствами.

При эксплуатации старых станов, намечаемый режим работы проверяют в отношении нагрузки двигателя и отдельных частей привода.

Чтобы определить необходимую, для данных условий, мощность прокатки, широко используют различные приемы, основанные на практических данных. Однако во многих случаях оправдываются и теоретические расчеты.

Мощность, затрачиваемая при прокатке определяется по формуле:

$$N_{рсч} = N_{деф} + N_{подш} + N_{ш.к.} + N_{ред} + N_{дв} \quad (5.1)$$

где  $N_{деф}$  - мощность, затрачиваемая на деформацию металла;  $N_{подш}$  - мощность, расходуемая на преодоление трения в подшипниках валков;  $N_{ш.к.}$  - мощность, затрачиваемая в шестеренной клетке;  $N_{ред}$  - мощность, затрачиваемая в редукторе стана;  $N_{дв}$  - мощность, теряемая в двигателе.

Мощность, затрачиваемая на деформацию металла, определяется по формуле:

$$N_{\text{деф}} = M \frac{V}{R} \quad (5.2)$$

где  $M$  - момент прокатки, Нм;  $V$  - скорость, валков м/с;  $R$  - радиус валков, м  
Момент прокатки можно определить по формуле:

$$M = 2P_n \psi \sqrt{R \Delta h} \quad (5.3)$$

где  $P_n$  - сила прокатки, Н;  $\psi$  - коэффициент плеча положения равнодействующей, определяется по графику (рис. 5.1);  $\Delta h$  - абсолютное обжатие, мм;  $R$  - радиус валка, мм.

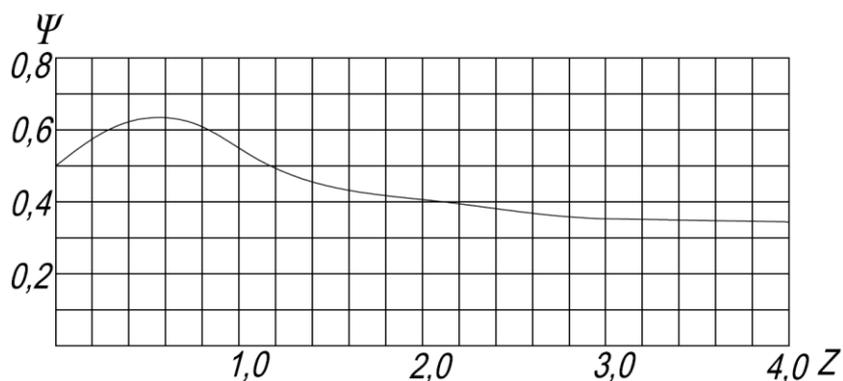


Рис. 5.1. График для определения коэффициента плеча положения равнодействующей.

Окружную скорость валков найдем по формуле:

$$V = \frac{\pi D n}{60} \quad (5.4)$$

Потери на трение в подшипниках прокатного стана определяют по формуле:

$$N_{\text{подш}} = 2P_n M V \frac{d}{D} \quad (5.5)$$

где  $P_n$  - сила прокатки, Н;  $M$  - коэффициент трения в подшипниках валков: с бронзовыми вкладышами  $\mu = 0,06-0,1$ , с текстолитовыми вкладышами  $\mu = 0,01$ , с подшипниками качения  $\mu = 0,003$ ;  $V$  - окружная скорость бочки валков, м/с;  $D, d$  - диаметр бочки и шейки валка, м.

Потери в шестеренной клетке, редукторе, двигателе могут быть

подсчитаны по соответствующим формулам, однако это весьма затруднительно, поэтому их приближенно учитывают соответствующими коэффициентами полезного действия, тогда:

$$N_{рсч} = \frac{N_{деф} + N_{подш}}{\eta_n} \quad (5.6)$$

где

$$\eta_n = \eta_{ш.к.} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{дв}$$

$\eta_{ш.к.} = 0,95-0,97$  - коэффициент полезного действия шестеренкой клетки;  $\eta_{ред} = 0,97-0,98$  - коэффициент полезного действия одной ступени редуктора;  $\eta_{дв} = 0,8-0,9$  - коэффициент полезного действия двигателя переменного тока.

Мощность, расходуемую двигателем в процессе прокатки, можно измерить непосредственно при помощи ваттметра, либо путем измерения силы тока  $I$  и напряжения  $U$ . В первом случае имеем сразу мощность в кВт, во втором необходимо рассчитать по формуле:

$$N_{дв} = 1,73 \frac{I \cdot U \cdot C \cos \varphi \cdot 102}{1000} \quad (5.7)$$

где  $C \cos \varphi = 0,9-0,94$  - при полной нагрузке;  $C \cos \varphi = 0,6-0,7$  при половинной нагрузке.

Зная мощность, расходуемую, на деформацию металла  $N_{деф}$  и суммарную мощность  $N_{рсч}$ , можем определить коэффициент полезного действия прокатного стана:

$$\eta_{рсч} = \frac{N_{деф}}{N_{рсч}} \quad (5.8)$$

Коэффициент полезного действия, подсчитанный на основании опытных данных, определяется по формуле:

$$\eta_{он} = \frac{N_{деф}}{N_{дв}} \quad (5.9)$$

## 5.2. Методика проведения работы

Алюминиевый образец размером 4 x 50 x 200 прокатывают в пять проходов с обжатием  $\Delta h = 1$  мм за проход.

До и после прокатки в каждом проходе тщательно измеряют толщину  $h_0$  и  $h_1$  и ширину  $b$ . В процессе прокатки замеряют показания месдоз  $P_1$  и  $P_2$ , силу тока  $I$ , напряжение  $U$  или мощность по приборам, а также число оборотов валков  $n$  по секундомеру или тахометру. После прокатки измеряют диаметры бочки и шейки валка. Подсчитывают опытную мощность  $N_{on}$  по формуле, опытный коэффициент полезного действия - по формуле (5.7) и (5.9) и сравнивают их с расчетной  $N_{рсч}$ , определенной по формуле (5.6) и  $\eta_{расч}$ , определенного по формуле (5.8). Все данные заносят в табл. 5.1.

Таблица 5.1

№	$h_0$ , мм	$h_1$ , мм	$\Delta h$ , мм	$b$ , мм	$I$ , А	$U$ , В	$P_1$ , Н	$P_2$ , Н	$P$ , Н	$M$ , Нм	$N_{деф}$ , Нм	$N_{под}$ , Нм	$N_{рсч}$ , Нм	$N_{on}$ , Нм	$\eta_{рсч}$	$\eta_{оп}$
1																
2																
3																
4																
5																

По данным табл. 5.1 на миллиметровой бумаге строят графики в координатах  $N_{рсч}$  - проходы,  $N_{on}$  - проходы,  $\eta_{рсч}$  - проходы.  $\eta_{оп}$  - проходы.

## 5.3. Структура и содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен включать в указанной последовательности:

- цель работы и основные задачи;
- теоретическое введение;
- методику выполнения работы, описание установки приборов, и т.д.;
- обработку результатов эксперимента;
- анализ полученных результатов и выводы по работе;
- литературу.

## **6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ НАЛАДКА ПРУТКОВО-ПРОФИЛЬНОГО ПРЕССА**

### **6.1. Общие сведения**

Точность и качество поверхности пресс-изделий во многом определяется качеством прессового инструмента. К прессовому инструменту относятся пресс-штемпель, пресс-шайба, контейнер, матрица с подкладкой, устанавливаемые в матрицедержатель.

Пресс-штемпель при прессовании передает давление от главного плунжера через пресс-шайбу на слиток. Для повышения срока службы пресс-штемпеля важна его центровка относительно контейнера.

Контейнер служит приемником нагретого слитка. Для повышения его прочности он изготавливается многослойным, т.е. имеет внутреннюю, промежуточную и наружную втулки. Так как втулки контейнера собирают с натягом, то во внутренней втулке создаются напряжения, которые частично компенсируют напряжения, возникающие при прессовании. При работе контейнер подогревают. Нагрев производят при помощи электронагревателей сопротивления или индукционной печи. При индукционном нагреве в наружной втулке имеются отверстия для медных стержней, по которым пропускают переменный ток.

Наиболее ответственным прессовым инструментом является матрица, которая непосредственно определяет точность размеров пресс-изделий и качество их поверхности. Наибольшее применение на современных прутково-профильных прессах имеют плоские матрицы. Это объясняется возможностью применения одной и той же матрицы с контейнерами разных диаметров и даже на прессах разной силы, а также простотой изготовления таких матриц.

Прессовый инструмент работает в очень тяжелых условиях - испытывает, высокое давления прессования (до 1400 МПа), интенсивное трение и температурные нагрузки (до 1000 °С и выше) от соприкосновения с горячим металлом. Для изготовления прессового инструмента применяют жаропрочные штамповые стали 5ХНМ, 3Х2В8Ф и др.

Прессовый инструмент, установленный прессе для получения конкретного пресс-изделия представляет собой инструментальную наладку (рис. 6.1).

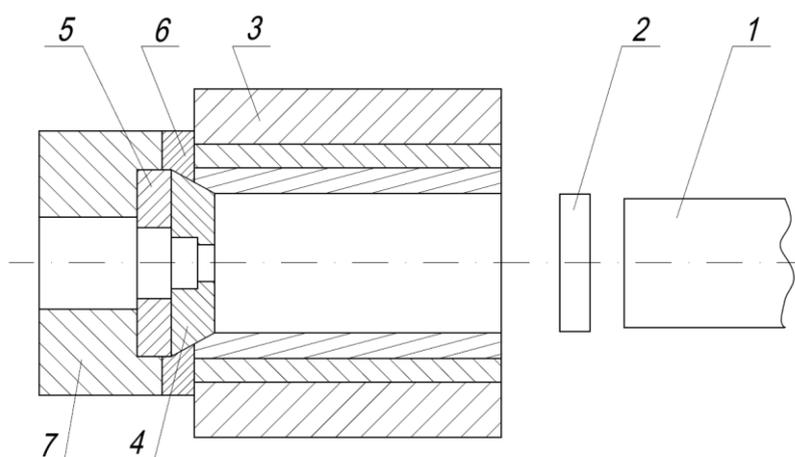


Рис. 6.1. Инструментальная наладка для прессования прутков прямым методом: 1- прессштемпель; 2- пресс-шайба; 3- контейнер; 4- матрица; 5- подкладка; 6- крышка матрицедержателя; 7 – матрицедержатель.

## 6.2. Методика проведения работы

Разобрать матрицедержатель на прессе 7,5 МН. Произвести необходимые замеры пресс-штемпеля, контейнера, пресс-шайбы, матрицы, подкладки и матрицедержателя. Составить эскизы прессового инструмента. Основные размеры инструментальной наладки отмечены на рис. 6.1.

Выполнить эскиз инструментальной наладки для прессования прутков прямым методом. Разработать эскиз инструментальной наладки для прессования прутков обратным методом на прессе 7,5 МН (пресс-штемпель укорачивается и служит заглушкой контейнера, в матрице-держателе устанавливается полый пресс-штемпель с матрицей на конце).

Исходя из номинальной силы пресса, рассчитать прочность пресс-штемпеля для прессования прямым методом и прочность полого пресс-штемпеля для прессования обратным методом. Для полого пресс-штемпеля необходимо подобрать размер его внутреннего диаметра, при котором пресс-штемпель будет иметь достаточную прочность.

## 6.3. Структура и содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен включать в указанной последовательности:

- цель работы и основные задачи;
- теоретическое введение;
- методику выполнения работы;
- обработку результатов эксперимента;
- анализ полученных результатов и выводы по работе;
- литературу.

## 7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ПАСПОРТИЗАЦИЯ ПРЕССОВОЙ УСТАНОВКИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРЕССОВОЙ УСТАНОВКЕ

### 7.1. Общие сведения

Гидравлические прессовые установки нашли широкое применение для прессования труб, прутков, профилей,ковки и объемной штамповки.

Прессовые установки могут быть с индивидуальным или групповым приводом, где рабочей жидкостью является минеральное масло или водная эмульсия.

Гидропрессовые установки классифицируются по следующим признакам: с прямым прессованием и обратным прессованием. В зависимости от конструкции: вертикальные; с прошивным устройством; без прошивного устройства. По силе прессования: 15000-50000 Н - средней мощности; до 10000 Н – малой мощности 50000-250000 Н - большой мощности.

При прессовании максимальная сила, которую может развивать пресс, передается на обрабатываемый слиток только в моменты, когда скорость главного плунжера равна нулю, а в гидроцилиндр пресса подается полное давление рабочей жидкости (рис. 7.1).

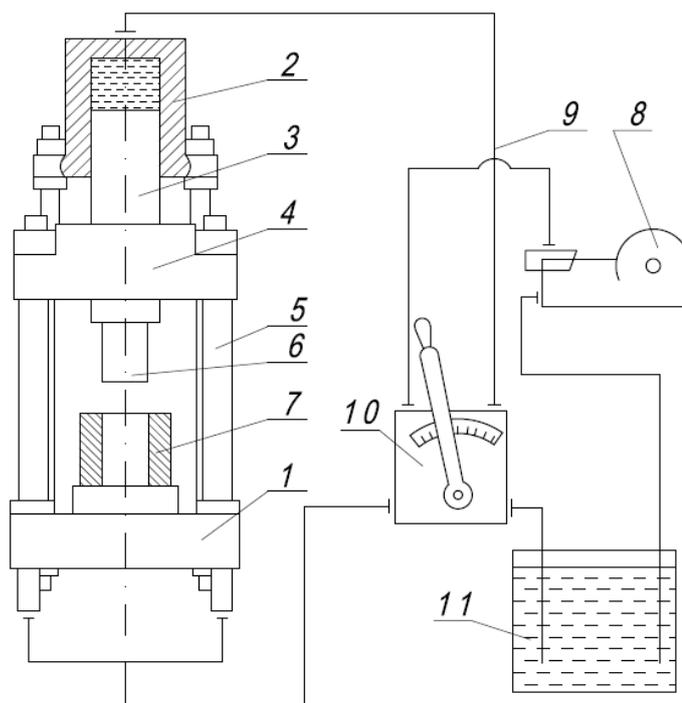


Рис. 7.1. Гидропрессовая установка: 1- станина пресса; 2-гидроцилиндр; 3-главный плунжер; 4-верхняя поперечина; 5-цилиндр обратного хода; 6-пуансон; 7-контейнер; 8-насос высокого давления; 9-трубопровод высокого давления; 10-распределительное устройство (дистрибутор); 11-сливной бак.

Во все остальное время процесса прессования используется только часть максимальной силы, которую может развивать пресс. Номинальная сила пресса может быть определена по формуле:

$$P_n = p \Sigma F \quad (7.1)$$

где  $P_n$  - номинальная сила пресса, Н;  $p$  - давление жидкости, МПа;  $\Sigma F$  - сумма площадей плунжеров рабочих цилиндров, мм.

## 7.2. Методика проведения работы

1. Начертить схему, предложенной преподавателем гидропрессовой установки.
2. Произвести требуемые замеры и описание узлов пресса со схемами и требуемыми расчетами:
  - ход подвижной поперечины. Для этого поперечина устанавливается в крайнее нижнее положение и замеряется расстояние между нижней ее частью и верхней, а затем поперечину поднимают и снова замеряют расстояние. Разность дает ход поперечины;
  - число ходов поперечины в минуту;
  - определение диаметра главного плунжера и теоретический расчет по формуле (7.1);
  - диаметр главного цилиндра;
  - число цилиндров обратного хода;
  - диаметр цилиндров обратного хода;
  - определение номинальной силы пресса по формуле (7.1), считая, что давление в гидросистеме  $p = 2000$  МПа;
  - составление паспорта прессовой установки (табл. 7.1).

## 7.3. Структура и содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен включать следующее:

- цель работы и ее основные задачи;
- теоретическое введение;
- методику выполнения работы;
- обработку результатов эксперимента;
- выводы по работе;
- литературу.

Таблица 7.1

## Паспорт прессовой установки

№ п/п	Наименование узлов и деталей	Параметр	№ п/п	Наименование узлов и деталей	Параметр
1.	Тип прессы		11.	Модель прессы	
2.	Завод изготовитель		12.	Габариты прессовой установки: длина, мм ширина, мм высота, мм	
3.	Инвентарный номер				
4.	Диаметр главного плунжера, мм				
5.	Номинальная сила		13.	Число ходов поперечины в минуту	
6.	Расстояние между столом и подвижной поперечиной, мм		14.	Рабочее давление жидкости, МПа	
7.	Ход подвижной поперечины, мм		15.	Число цилиндров обратного хода, шт	
8.	Расстояние между колоннами, мм		16.	Диаметр цилиндров обратного хода, мм	
9.	Диаметр и число колонн, мм, шт		17.	Тип электродвигателя	
10.	Тип насоса (поршневой, роторный и др.) Производительность насоса, м <sup>3</sup> /мин		18.	Число оборотов двигателя, об/мин	
			19.	Мощность электродвигателя, кВт	

## 8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ПАСПОРТИЗАЦИЯ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ

### 8.1. Общие сведения

Волочильными станами называются машины, служащие для обработки металлов волочением, т.е. протягиванием металлических заготовок через отверстие волоки, размеры которого меньше размеров сечения заготовок исходного металла.

В зависимости от конструкции и принципа работы тянущего устройства различают волочильные станы:

- с прямолинейным движением протягиваемого материала (цепные, с гусеничной тягой, с возвратно-поступательно движущимися каретками, реечные, гидравлические);
- с наматыванием обрабатываемого металла на барабан.

Станы с прямолинейным движением обрабатываемого металла применяются для волочения прутков, труб и прочих изделий, не подвергаемых

сматыванию в бухты.

Станы с наматыванием металла в бухты применяются, главным образом, для волочения проволоки, некоторых специальных профилей и труб небольшого диаметра.

В зависимости от числа барабанов и характера их работы станы подразделяются:

- однократные;
- многократные, работающие со скольжением;
- многократные, работающие без скольжения;
- многократные, работающие с противонатяжением.

Однократными волочильными станами называются станы, в которых волочение осуществляется в один проход, а многократными - станы, в которых волочение выполняется в несколько проходов, через ряд последовательно установленных волок. Однократные волочильные станы применяются в основном, для волочения толстой проволоки различных профилей и труб, многократные для волочения проволоки средних, тонких и тончайших размеров.

## 8.2. Методика проведения работы

1. Начертить принципиальную схему предложенного преподавателем волочильного стана.

2. Произвести требуемые замеры и описания узлов стана со схемами и требуемыми расчетами.

3. Используя характеристики привода (мощности, число оборотов, передаточное число механизмов привода, диаметр барабана и др.) определить расчетным путем максимальную силу волочильной машины для данной скорости волочения:

$$P_{\max} = \frac{N \cdot \eta \cdot 102}{V_g} \quad (8.1)$$

где  $N$  - мощность двигателя, кВт;  $\eta$  - коэффициент полезного действия передачи;  $V_g$  - скорость волочения, м/с.

Скорость волочения в зависимости от типа стана определяют по секундомеру.

КПД стана определяют как:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots \eta_n \quad (8.2)$$

где  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$  - КПД одной ступени редуктора (0,97-0,98) коробки

скоростей, (0,8-0,9) ременной передачи;

- максимально возможный диаметр прутка или проволоки:

$$F_{\max} = \frac{P_{\max}}{\sigma_T(1 + \mu \cdot \operatorname{Ctg} \alpha) \ln \lambda}$$

отсюда

$$d_{\max} = \sqrt{\frac{4F_{\max}}{\pi}} = 1,13\sqrt{F_{\max}} \quad (8.3)$$

где  $P_{\max}$  - максимальная сила, кг;  $\sigma_T$  - предел текучести.

$\sigma_T = 300$  МПа;  $\mu$ - коэффициент трения,  $\mu = 0,1$ ;  $\alpha$  - угол волоки,  $\alpha = 8^\circ$ ;  
 $\lambda$  - коэффициент вытяжки;  $\lambda = 1,6$ .

Если волочильный стан имеет несколько скоростей  $f_{\max}$  и  $d_{\max}$  находят для каждой скорости отдельно максимальную длину протянутой заготовки

$$l_{\text{заг}} = l_{\text{см}}$$

где  $l_{\text{см}}$  - максимальная полезная длина стана.

Определить скорость волочения с помощью тахометра или секундомера. Если машина имеет несколько ступеней скоростей, то скорость волочения определяют для каждой ступени. Полученные данные заносят в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Паспорт барабанного и цепного волочильных станов

Паспорт барабанного волочильного стана			
№ п/п	Наименование узлов и деталей	Единицы измер.	Параметр
1	2	3	4
1.	Тип волочильного стана		
2.	Число барабанов	шт	
3.	Диаметр барабана	мм	
4.	Максимальный диаметр протягиваемой проволоки	мм	
5.	Скорость волочения	м/с	
6.	Максимальная сила волочения	Н	
7.	Охлаждение барабанов		
8.	Охлаждение волоки		

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3	4
9.	Смазка		
10.	Привод стана, тип		
11.	Мощность двигателя	кВт	
12.	Число оборотов двигателя	об/мин	
13.	Передаточное число		
14.	Длина стана	мм	
15.	Ширина стана	мм	
16.	Высота стана	мм	
17.	Вспомогательное оборудование		
Паспорт цепного волочильного стана			
1.	Габаритные размеры (длина x ширина x высота)	мм	
2.	Смазка волокни		
3.	Скорость волочения	м/с	
4.	Максимальная сила волочения	Н	
5.	Максимальный диаметр протягиваемой	мм	
6.	Максимальная длина протягиваемого изделия	мм	
7.	Привод стана		
8.	Тип электродвигателя		
9.	Мощность электродвигателя	кВт	
10.	Число оборотов двигателя	об/мин	
11.	Тип редуктора		
12.	Тип тяговой цепи		
13.	Шаг тяговой цепи	мм	

### 8.3. Структура и содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен включать в указанной последовательности:

- цель работы и основные задачи; теоретическое введение; методику выполнения работы; обработку результатов эксперимента; анализ полученных результатов и выводы по работе; литературу.

Учебное издание

Н.А. Барков, В.П. Катрюк, Д.С. Ворошилов

**Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов. Методические указания по выполнению лабораторных работ.**