

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ММиМ

А.С.Савинов

«20» января 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ТРУБНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация

Проектирование металлургических машин и комплексов

Уровень высшего образования – специалитет

Форма обучения

Очная

Институт	Металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, утвержденного приказом МОиН РФ от 28.10.2016 № 1343.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры проектирования и эксплуатации металлургических машин и комплексов «19» января 2017г., протокол № 12.

Зав. кафедрой  / А.Г. Корчунов/

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материалообработки «20» января 2017 г., протокол № 4.

Председатель  / А.С. Савинов/

Рабочая программа составлена:

доцент, к.т.н.

 / М.Г. Слободянский/

Рецензент:

начальник проектно-конструкторского
отдела ООО «МРК»

 / А.Н. Наумов/

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Проектирование оборудования трубного производства» являются:

- формирование у студентов системы знаний по вопросам проектирования технологических машин и комплексов трубного производства;
- приобретение навыков разработки проекта реконструкции основного и вспомогательного оборудования;
- формирование навыков систематического изучения научно-технической информации;
- *овладение достаточным уровнем общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов специализация Проектирование металлургических машин и комплексов.*

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки специалиста

Дисциплина «Проектирование оборудования трубного производства» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения Б1.Б.07 «Физика», Б1.Б.06 «Математика», Б1.Б.12 «Инженерная графика», Б1.Б.14 «Материаловедение».

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при изучении Б1.В.05 «Проектирование оборудования цехов сталеплавильного производства», Б1.В.06 «Проектирование оборудования аглодоменного производства», Б1.В.08 «Проектирование оборудования прокатного и волочильного производства»

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Проектирование оборудования трубного производства» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-10 способностью подготавливать заявки на изобретения, составлять отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения	
Знать	- Процедуру подготовки и подачи заявки на патентование объекта интеллектуальной собственности. - Правила написания отзывов и заключения на проекты стандартов. - Методику подготовки рационализаторских предложений и их внедрения в производство.
Уметь	- Составлять заявки на изобретения, полезные модели, промышленные образцы. - Подготавливать заключения на проекты стандартов. - Разрабатывать и оформлять рационализаторские предложения.
Владеть	- Навыками подготовки заявки на изобретения, полезные модели, промышленные образцы. - Навыками подготовки заключения на проекты стандартов. - Навыками подготовки рационализаторских предложений.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-14 способностью применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> • Стандартные методики проектирования машин трубчатого производства. • Методики проектирования гидравлических и пневматических систем в комплексах для производства труб.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> • Применять стандартные методы расчета при проектировании механического оборудования для производства труб. • Применять современные САПР при проектировании деталей и узлов оборудования для производства труб. • Разрабатывать конструкторскую документацию в соответствии с ЕСКД с использованием систем автоматизированного проектирования.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> • Практическими навыками применения стандартных методов расчета при проектировании механического оборудования для производства труб. • Практическими навыками применения современных САПР при проектировании деталей и узлов оборудования для производства труб. • Практическими навыками разработки конструкторской документации в соответствии с ЕСКД с использованием систем автоматизированного проектирования.
ПК-16 способностью подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения	
Знать	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нормы и требования к составлению технического задания на проектирование 2. Нормы и требования к составлению технического задания на реконструкцию оборудования и технологических комплексов. 3. Правила подготовки технического задания на проектирование оборудования для производства труб. 4. Правила подготовки технического задания на реконструкцию оборудования для производства труб.
Уметь	<ol style="list-style-type: none"> 1. Составлять техническое задание на реконструкцию оборудования для производства труб. 2. Составлять техническое задание на проектирование оборудования для производства труб.
Владеть	<ol style="list-style-type: none"> 1. Навыками составления технического задания на реконструкцию оборудования для производства труб. 2. Навыками составления технического задания на проектирование оборудования для производства труб.
ПСК-3.2 способностью демонстрировать знания конструктивных особенностей раз-	

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
рабатываемых и используемых в технологических комплексах для металлургического производства технических средств	
Знать	основные принципы и особенности создания технологических комплексов для производства труб
Уметь	использовать принципы и особенности создания технологических комплексов для производства труб
Владеть	владеть навыками использования принципов и особенностями создания технологических комплексов для производства труб

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 51,95 акад. часов:
 - аудиторная – 51 акад. часов;
 - внеаудиторная – 0,95 акад. часов
- самостоятельная работа – 56,05 акад. часов;

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Введение в дисциплину	8	2				Подготовка к устному опросу	Устный опрос	ПК-10(зув)
Итого по разделу	8	2						
2. Проектирование трубопрокатных агрегатов для прокатки для производства горячедеформированных бесшовных труб.	8							
2.1. Основные методы проектирования трубопрокатных агрегатов с непрерывным станом.	8	2	9/7И		15	Подготовка к лабораторным работам	Лабораторные работы	ПК-14(зув) ПК-16(зув) ПСК-3.2
2.2. Проектирование трубопрокатных агрегатов с пилигримовым станом.	8	2	8/7И		12	Подготовка к лабораторным работам	Лабораторные работы	ПК-14(зув) ПК-16(зув) ПСК-3.2
2.3. Проектирование трубопрокатных агрегатов с трехвалковым раскатным станом.	8	2		9/7И	12	Подготовка к практическим работам	Практическая работа	ПК-10(зув) ПК-14(зув) ПК-16(зув) ПСК-3.2
2.4. Проектирование трубопрокатных агрегатов с речным станом.	8	2		8/7И	17,05	Подготовка к практическим работам	Практическая работа	ПК-14(зув) ПК-16(зув) ПСК-3.2
Итого по разделу	8	8	17/14И	17/14И	56,05			

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
3. Проектирование станов для прошивки трубной заготовки.	8							
3.1. Проектирование и реконструкция двухвалковых прошивных станов.	8	2				Подготовка к устному опросу	Устный опрос	ПК-14(зуб) ПК-16(зуб) ПСК-3.2
3.2. Проектирование и реконструкция трехвалковых прошивных станов.	8	2				Подготовка к устному опросу	Устный опрос	ПК-14(зуб) ПК-16(зуб) ПСК-3.2
3.3. Проектирование и реконструкция станов пресс-валковой прошивки.	8	2				Подготовка к устному опросу	Устный опрос	ПК-14(зуб) ПК-16(зуб) ПСК-3.2
Итого по разделу	8	4						
4. Проектирование раскатных станов. Методика разработки проекта реконструкции.	8							
4.1. Раскатные станы пилигримовой прокатки.	8	2				Подготовка к устному опросу	Устный опрос	ПК-14(зуб) ПК-16(зуб) ПСК-3.2
4.2. Раскатные станы винтовой прокатки.	8	1				Подготовка к устному опросу	Устный опрос	ПК-14(зуб) ПК-16(зуб) ПСК-3.2
Итого по разделу	8	3						
Итого за семестр	8	17	17/14И	17/14И	56,05		Зачет	
Итого по дисциплине	8	17	17/14И	17/14И	56,05			ПК-10(зуб) ПК-14(зуб) ПК-16(зуб) ПСК-3.2

Исходные данные к расчетно-практической работе №2 Оценка энергосиловых параметров при винтовой прокатке труб и оценка работоспособности главного привода.

Параметр	Единица измерения	Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр валков в пережиме	мм	900	880	850	920	925	890	880	895	900	890
Частота вращения валков	об/мин	100	120	110	115	100	90	135	125	115	110
Угол подачи	град	10	11	12	13	9	10	11,5	13	10,5	9
Угол конуса прошивки	град	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Угол конуса раскатки	град	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Диаметр заготовки	мм	120	110	115	100	105	125	120	110	105	125
Радиус заготовки	мм	60	70	80	50	65	75	60	55	60	75
Диаметр гильзы	мм	124	120	122	126	125	122	121	120	123	120
Толщина стенки гильзы	мм	15	14	12	13	16	17	14	15	12	14
Диаметр в сечении пережима	мм	100	105	110	95	98	110	105	103	112	115
Толщина стенки в сечении пережима	мм	30	28	25	32	31	30,5	28	29	28,5	30
Коэффициент скольжения		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Коэффициент скольжения		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Температура прокатки	°С	1150	1200	1100	1050	1250	1200	1150	1100	1120	1270
Материал заготовки		Сталь 45	15Г	Сталь 10	X12M	40X	40XНМА	1X13	30XГСА	X21H	35ГС

Параметр	Единица измерения	Вариант									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Диаметр валков в пережиме	мм	920	880	895	900	925	850	890	920	890	880
Частота вращения валков	об/мин	115	120	125	100	100	110	110	115	90	135
Угол подачи	град	13	11	13	10	9	12	9	13	10	11,5
Угол конуса прошивки	град	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Угол конуса раскатки	град	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Диаметр заготовки	мм	100	110	110	120	105	115	125	100	125	120
Радиус заготовки	мм	50	70	55	60	65	80	75	50	75	60
Диаметр гильзы	мм	126	120	120	124	125	122	120	126	122	121
Толщина стенки гильзы	мм	13	14	15	15	16	12	14	13	17	14
Диаметр в сечении пережима	мм	95	105	103	100	98	110	115	95	110	105
Толщина стенки в сечении пережима	мм	32	28	29	30	31	25	30	32	30,5	28
Коэффициент скольжения		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Коэффициент скольжения		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Температура прокатки	°С	1050	1200	1100	1150	1250	1100	1270	1050	1200	1150
Материал заготовки		X12M	15Г	30XГСА	Сталь 45	40X	Сталь 10	35ГС	X12M	15Г	X23H18

Перечень лабораторных работ:

Лабораторная работа №1 Изучение конструкции и принципа работы стана пилигримовой прокатки. (представлена в приложении рабочей программы)

Лабораторная работа №2 Технологическая схема производства бесшовных труб. Технология и оборудование.

Перечень тем практических работ:

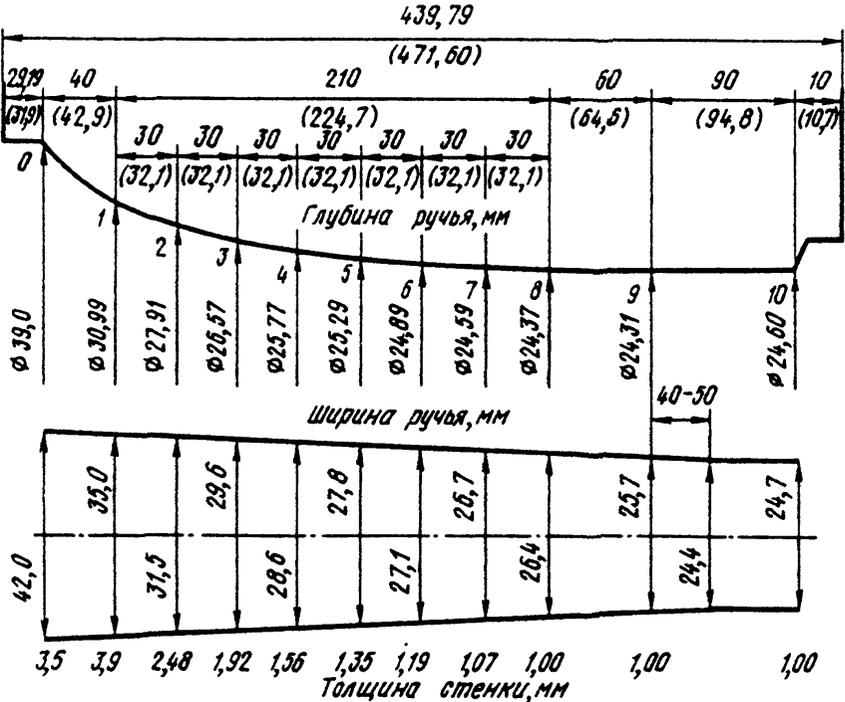
1. Разработка проекта реконструкции главного привода стана винтовой прокатки труб. Подготовка технического задания на реконструкцию.
2. Разработка проекта реконструкции главного привода автоматического стана прокатки труб. Подготовка технического задания на реконструкцию.
3. Разработка проекта реконструкции привода раскатного стана винтовой прокатки труб. Подготовка технического задания на реконструкцию.
4. Проектирование стана для прошивки труб. Подготовка технического задания на проектирование. Разработка конструкторской документации.
5. Проектирование реечного стана. Подготовка технического задания на проектирование. Разработка конструкторской документации.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

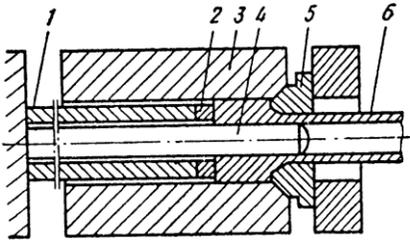
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-10 способностью подготавливать заявки на изобретения, составлять отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - Процедуру подготовки и подачи заявки на патентование объекта интеллектуальной собственности. - Правила написания отзывов и заключения на проекты стандартов. - Методику подготовки рационализаторских предложений и их внедрения в производство. 	<p><i>Вопросы для подготовки к экзамену:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Процедура подготовки и подачи заявки на патентование изобретения, полезной модели, промышленного образца. 2. Основные составляющие содержания патента. 3. Что такое рационализаторское предложение? Методы разработки и правила подачи. 4. Перечень правил написания отзывов и заключения на проекты стандартов.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - Составлять заявки на изобретения, полезные модели, промышленные образцы. - Подготавливать заключения на проекты стандартов. - Разрабатывать и оформлять рационализаторские предложения. 	<p><i>Перечень заданий для практических занятий (пример):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Составление проекта заявки на изобретение. 2. Составление проекта заявки на полезную модель. 3. Составление проекта заявки на промышленный образец. 4. Разработка проекта рационализаторского предложения на заданную тему.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - Навыками подготовки заявки на изобретения, полезные модели, промышленные образцы. - Навыками подготовки заключения на проекты стандартов. - Навыками подготовки рационализаторских предложений. 	<p><i>Примеры заданий на решение задач из профессиональной области, комплексные задания:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка проекта привода ленточного конвейера агломерационной фабрики и подготовка заявки на патент новой конструкции натяжного устройства ленты. 2. Проектный расчет винтового конвейера и подготовка заявки на промышленный образец редуктора его привода. 3. Разработка проекта реконструкции привода агломерационной конвейерной машины и подготовка рационализаторского предложения.
ПК-14 способностью применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидроневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения		

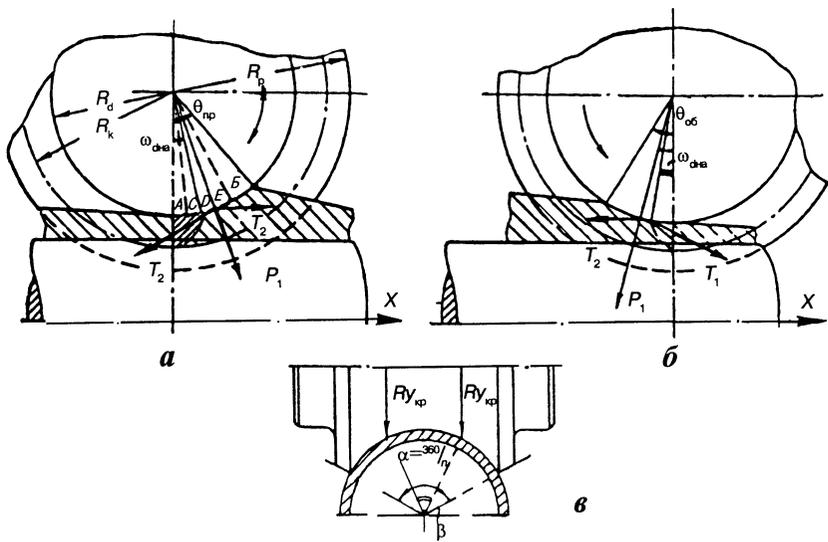
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Знать	<ul style="list-style-type: none"> • Стандартные методики проектирования машин трубочного производства. • Методики проектирования гидравлических и пневматических систем в комплексах для производства труб. 	<p>Перечень контрольных вопросов для подготовки к зачету</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Реечные трубопрокатные станы. Принципы проектирования. 2. Пилигримовые станы. Назначение и конструктивные особенности. 3. Прошивные трубопрокатные станы. Принципиальное устройство и методика проектирования. 4. Раскатные станы винтовой прокатки. Назначение, характеристика и принципиальное устройство. Расчет усилия прокатки 5. Раскатные станы пилигримовой прокатки. Принципы проектирования и методики расчета основных элементов конструкции. 6. Двухвалковые прошивные станы. Устройство и принцип работы. 7. Трехвалковые прошивные станы. Методика расчета валков на прочность. 8. Станы пресс-валковой прошивки. Методика расчета усилия прессования. 9. Трубопрокатные агрегаты с непрерывным станом. Состав оборудования и методика расчета усилия прокатки. 10. Трубопрокатные агрегаты с пилигримовым станом. Методика расчета усилия прокатки. 11. Трубопрокатные агрегаты с трехвалковым раскатным станом. Методика расчета момента прокатки. 12. Трубопрокатные агрегаты с реечным станом
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> • Применять стандартные методы расчета при проектировании механического оборудования для производства труб. • Применять современные САПР при проектировании деталей и узлов оборудования для производства труб. • Разрабатывать конструкторскую документацию в соответствии с ЕСКД 	<p>Пример практического задания Рассчитать основные параметры роликового стана ХПТР 30-60 при прокатке трубы по маршруту: $D_T \times S_T \rightarrow 51 \times 1,5 \rightarrow 47 \times 1,03$ мм. Материал трубы – сталь 12Х18Н10Т.</p> <p><i>Перечень заданий для практических занятий (пример):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка проекта привода валков стана поперечно-винтовой прокатки с заданными показателями долговечности. Конструкторскую документацию подготовить в системе Autodesk Inventor. 2. Проектный расчет элементов привода реечного стана в системе Autodesk Inventor с использованием метода конечно-элементного расчета.

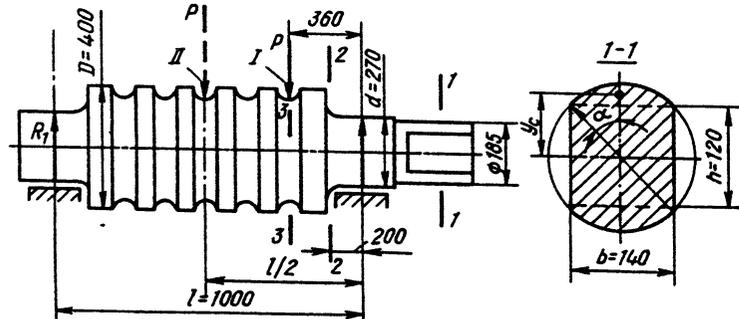
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	с использованием систем автоматизированного проектирования.	<p>3. Оценка долговечности основных элементов трубопрокатного агрегата с трехвалковым раскатным станом.</p> <p>4. Разработать конструкторскую документацию для предлагаемой конструкции вала пилгримового стана в системе Autodesk Inventor.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> Практическими навыками применения стандартных методов расчета при проектировании механического оборудования для производства труб. Практическими навыками применения современных САПР при проектировании деталей и узлов оборудования для производства труб. Практическими навыками разработки конструкторской документации в соответствии с ЕСКД с использованием систем автоматизированного проектирования. 	<p>Пример задания на решение задач из профессиональной области</p> <p>Рассчитать давление металла на валки при прокатке труб из стали Ст3 по маршруту ДТ x Ст → 39 x 3,5 → 25 x 1,0 мм. Величина подачи 7,9 мм. Конусность оправки $2\text{tg}\alpha=0,002$. Определение полного давления металла на валки производится в сечении 2 (см. рисунок), где диаметр ручья по дну калибра составляет 27,91 мм.</p>  <p>The diagram shows a cross-section of a roller groove. The top horizontal dimension is 439,79 mm. Below it, a dimension of 471,60 mm is shown. The groove is divided into sections with widths: 40, 210, 60, 90, and 10 mm. The depth of the groove is labeled 'Глубина ручья, мм' and is constant at 30 mm for the main sections. The width of the groove is labeled 'Ширина ручья, мм' and varies from 42,0 mm on the left to 24,7 mm on the right. The wall thickness is labeled 'Толщина стенки, мм' and varies from 3,5 mm on the left to 1,0 mm on the right. The diameter of the groove at the bottom is labeled 'Диаметр ручья по дну калибра' and is 27,91 mm at section 2.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Пример задания на решение задач из профессиональной области Определить силы, момент и мощность прокатки на стане винтовой прокатки. Исходные данные: диаметр валков в пережиме $D = 900$ мм; частота вращения валков $n = 100$ об/мин; угол подачи $b = 10^\circ$; углы конусов прошивки и раскатки $a_1 = 3$ и $a_2 = 4^\circ$. Диаметр заготовки $d_3 = 120$ мм, радиус заготовки $r_3 = 60$ мм; диаметр гильзы $d_{Г}=124$ мм; толщина стенки гильзы $S_{Г} = 15$ мм; диаметр в сечении пережима $d_{П} = 100$ мм; толщина стенки в сечении пережима $S_{П} = 30$ мм. Коэффициенты скольжения $h_x = 0,6$, $h_y = 1,0$. Температура прокатки $T = 1150$ °С. Материал заготовки — сталь 45.</p> <p>Примеры заданий на решение задач из профессиональной области:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка проекта привода валков стана поперечно-винтовой прокатки в системе АСКОН Компас 2. Проектный расчет реечного стана <i>a</i> в системе Autodesk Inventor. 3. Разработка проекта реконструкции привода валков трубопрокатного агрегата с трехвалковым раскатным станом. Прочностной расчет деталей и узлов необходимо выполнить в системе АПМ FEM. 4. Разработка проекта стационарного привода пилигримового стана с заданными показателями долговечности. Конструкторскую документацию подготовить в системе Autodesk Inventor.
<p>ПК-16 способностью подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения</p>		
Знать	<p>правила подготовки технического задания на проектирование технических объектов металлургического производства;</p> <p>правила подготовки технического задания на реконструкцию технических объектов</p>	<p><i>Вопросы для подготовки к зачету:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Техническое задание. 2. Этапы проектно-конструкторской разработки. 3. Содержание технического задания. 4. Техническое задание на реконструкцию оборудования. Правила составления.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	металлургического производства	
Уметь	составлять техническое задание на реконструкцию технических объектов металлургического производства; составлять техническое задание на проектирование технических объектов металлургического производства;	<p><i>Перечень заданий для практических занятий (пример):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка проекта привода валков стана поперечно-винтовой прокатки с заданными показателями долговечности. Конструкторскую документацию подготовить в системе Autodesk Inventor. 2. Проектный расчет элементов привода реечного стана в системе Autodesk Inventor с использованием метода конечно-элементного расчета. 3. Оценка долговечности основных элементов трубопрокатного агрегата с трехвалковым раскатным станом. 4. Разработать конструкторскую документацию для предлагаемой конструкции валка пилигримового стана в системе Autodesk Inventor.
Владеть	навыками составления технического задания на реконструкцию технических объектов; навыками составления технического задания на проектирование технических объектов;	<p>Пример задания на решение задач из профессиональной области Разработать гидравлический привод для агрегата прессования труб по схеме, указанной на рисунке.</p>  <p>1 – пресс-штемпель; 2 – пресс-шайба; 3 – контейнер; 4 – игла; 5 – матрица; 6 – труба</p> <p>Пример задания на решение задач из профессиональной области Рассчитать на прочность рабочий валок пилигримового стана</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1299 351 1814 654" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="936 702 1859 742">Пример задания на решение задач из профессиональной области</p> <p data-bbox="936 742 1724 774"><i>Рассчитать на прочность станину пилгримового стана</i></p> <div data-bbox="1288 774 1792 1268" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="936 1316 1859 1356">Пример задания на решение задач из профессиональной области</p> <p data-bbox="936 1356 2172 1428"><i>Определить усилие металла на ролики, согласно расчётной схеме, при прокатке трубы по маршруту: $D_T \times S_T \rightarrow 51 \times 1,5 \rightarrow 47 \times 1,03$ мм на стане ХИТР 30-60. Материал трубы –</i></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><i>сталь 12X18H10T.</i></p>  <p><i>Расчётная схема действия металла на ролики.</i></p>
<p>ПСК-3.2 способностью демонстрировать знания конструктивных особенностей разрабатываемых и используемых в технологических комплексах для металлургического производства технических средств</p>		
Знать	основные принципы и особенности создания технологических комплексов для металлургического производства и их основные технические характеристики	<p><i>Вопросы для подготовки к экзамену:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Методика разработки технологических комплексов металлургического производства. 2. Особенности разработки технологических комплексов для производства бесшовных труб. 3. Особенности разработки технологических комплексов для производства бесшовных труб методом прессования. 4. Особенности разработки технологических комплексов для производства сварных труб.
Уметь	использовать принципы и особенности со-	Примеры практических заданий

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	здания технологических комплексов для металлургического производства и их основные технические характеристики	<p>1. Определить рабочее напряжение на губках плашки трубоволоочильного стана с усилием волочения 300 кН. Длина одной губки плашки 215 мм, ширина 100 мм, полный конус 40 градусов.</p> <p>2. Определить минимальное значение диаметра стана ВСТ-1/1500.</p> <p>3. Рассчитать на прочность валок автоматического стана. Дано: максимальное усилие на валки при прокатке 2000 кН; максимальный крутящий момент на приводном конце вала 100 кН·м; диаметр бочки валка 380 мм; материал валка – высокопрочный чугун с пределом прочности 500 МПа, пределом текучести 380 МПа, предел усталости при изгибе 250 МПа.</p>  <p>Расчетная схема рабочего валка автоматстана</p> <p>4. Расчет энергосиловых параметров при прокатке трубы на автоматическом стане (АС). Исходные данные: размеры гильзы $d_0 \times S_0 = 167 \times 7,8$ мм; размеры трубы после пропуска на АС $d_1 \times S_1 = 160 \times 5,7$ мм. Материал трубы — сталь 10, частота вращения валков $n = 100$ об/мин; идеальный диаметр валков $D_i = 550$ мм; коэффициент трения $f = 0,2$; угол конусности оправки $\varphi = 7,5^\circ$; длина цилиндрического пояса оправки $l_{ц} = 25$ мм, температура прокатки $T = 1000$ °С.</p>
Владеть	владеть навыками использования принци-	Пример задания из профессиональной области.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>пов и особенностями создания технологических комплексов для металлургического производства и их основные технические характеристики</p>	<p><i>Рассчитать калибровку технологического инструмента прошивного стана ТПА 400, на котором осуществляется производство труб типоразмера $D_T \times S_T=325 \times 12$ мм из стали 20.</i></p> <p>Пример задания из профессиональной области. <i>Рассчитать таблицу прокатки газопроводных труб с условным проходом 15 мм, толщиной стенки 2,8 мм, материал заготовки Ст2кп. Ширина штрипса 360 мм. Количество клеток: калибровочных 3, редуционных 6, допуск на диаметр равен 0,4 мм.</i></p> <p>Пример задания из профессиональной области. <i>Рассчитать калибровку валков формовочного и сврочного станов ТЭСА 20-76 для производства труб $40 \times 3,0$ мм из стали 20.</i></p> <p>Примеры заданий на решение задач из профессиональной области:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка проекта реконструкции стана винтовой прокатки. Подготовка технического задания и комплекта конструкторской документации. 2. Подготовка комплект конструкторской документации в системе Autodesk Inventor на реконструкцию привода валков пилигримового стана. 3. Разработка технологии производства сварных труб большого диаметра.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Проектирование оборудования трубного производства» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Показатели и критерии оценивания зачета:

- на оценку «зачтено» - обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

- на оценку «не зачтено» - обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Песин, А.М. Нейросетевое моделирование процесса прокатки для повышения механических свойств горячекатаной трубной листовой стали: монография / А.М. Песин, В.М. Салганик, В.В. Курбан ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2010 г.]. - Магнитогорск: МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1353.pdf&show=dcatalogues/1/1123805/1353.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.
2. Высокопрочные стали для труб большого диаметра и методы их испытаний : учебное пособие / В.М. Салганик, Д.Н. Чикишев, Е.Б. Пожидаева, Ю.А. Пожидаев; МГТУ. - Магнитогорск: МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2675.pdf&show=dcatalogues/1/1131452/2675.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.

б) Дополнительная литература:

1. Конструкции и расчет надежности деталей и узлов прокатных станов : учебное пособие / В. П. Анцупов, А. В. Анцупов (мл.), А. В. Анцупов, В. А. Русанов ; МГТУ, [каф. общ. техн. дисц.]. - Магнитогорск, 2014. - 156 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=802.pdf&show=dcatalogues/1/1116023/802.pdf&view=true> (дата обращения: 09.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0534-4. - Имеется печатный аналог.
2. Основы диагностики и надежности технических объектов : учебное пособие / В. П. Анцупов, А. Г. Корчунов, А. В. Анцупов (мл.), А. В. Анцупов ; МГТУ, [каф. МОМЗ]. - Магнитогорск, 2012. - 114 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=521.pdf&show=dcatalogues/1/1092485/521.pdf&view=true> (дата обращения: 09.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.
3. Жиркин, Ю. В. Монтаж металлургических машин : практикум / Ю. В. Жиркин, А. В. Анцупов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 59 с. : ил., табл., схемы, эскизы, фот. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3633.pdf&show=dcatal>

[ogues/1/1524754/3633.pdf&view=true](https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=525.pdf&show=dcatalogues/1/1524754/3633.pdf&view=true) (дата обращения: 09.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

4. Проектирование технологических линий и комплексов металлургических цехов : учебное пособие / М. В. Аксенова, В. И. Кадошников, И. Д. Кадошникова и др. ; МГТУ, [каф. ПМиГ]. - Магнитогорск, 2011. - 143 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=525.pdf&show=dcatalogues/1/1092594/525.pdf&view=true> (дата обращения: 09.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.
5. Основы диагностики и надежности технических объектов : учебное пособие / В. П. Анцупов, А. Г. Корчунов, А. В. Анцупов (мл.), А. В. Анцупов ; МГТУ, [каф. MOMЗ]. - Магнитогорск, 2012. - 114 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=521.pdf&show=dcatalogues/1/1092485/521.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.

в) Методические указания:

1. Харитонов А.В., Оншин Н.В. Механическое оборудование металлургических заводов: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 150404 и направления 150400.62. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010.
2. Изучение назначения и устройства технологического комплекса для производства бесшовных труб: Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Механическое оборудование волочильных и трубных цехов» для студентов специальности 170300 всех форм обучения. Магнитогорск: МГТУ, 2005. 14 с.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ представлены в приложении рабочей программы.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Перечень **программного обеспечения** необходимого при изучении дисциплины представлен ниже в виде таблицы.

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	Бессрочно
MS Office 2007	Д-135 от 17.09.2007	Бессрочно
APM WinMachine 2010	Д-262-12 от 15.02.2012	Бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое ПО	Бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	Бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяемое ПО	Бессрочно

Перечень необходимых **Интернет-ресурсов**:

1. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс науч-

- ного цитирования (РИНЦ). – URL: <https://elibrary.ru/>
2. Поисковая система Академия Google (Google Scholar). – URL: <https://scholar.google.com/>
 3. Информационная система – Единое окно доступа к информационным ресурсам. – URL: <http://window.edu.ru/>
 4. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – URL: <https://www1.fips.ru/>
 5. Образовательный портал ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» <http://lms.magtu.ru>
 6. Российская Государственная библиотека. Каталоги <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/>
 7. Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science» <http://webofscience.com>
 8. Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials <http://materials.springer.com/>
 9. Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature» <https://www.nature.com/siteindex>
 10. Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный консорциум» (НП НЭИКОН) <https://archive.neicon.ru/xmlui/>
 11. Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС» <https://dlib.eastview.com/>

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ	Лабораторные установки, измерительные приборы и инструменты для выполнения лабораторных работ: <ul style="list-style-type: none"> – Профилометр Mitutoyo Surftest SJ-210. – Установка по исследованию величины коэффициента трения ТММ-32А. – Машина Арчарда. – Измерительный инструмент (микрометр, штангенциркуль). – Модель привода рабочих валков прокатного стана. – Модель одновалкового прокатного стана.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа №1

Изучение конструкции и принципа работы стана пилигримовой прокатки.

Цель работы: изучить назначение, конструкции и принцип работы станов пилигримовой прокатки.

Назначение, классификация и конструкции пилигримовых станов

Для раскатки толстостенных гильз, в основном из легированных сталей и сплавов, используют пилигримовые станы.

Станы пилигримовой прокатки имеют два рабочих валка, вращающихся навстречу подаваемому металлу. Принципиальных различий в станах пилигримовой прокатки нет. Можно выделить некоторые отличительные особенности станов. По схеме привода рабочих валков существуют два типа станов. Различие их заключается в том, что станы старой конструкции имеют на две рабочих клетки один общий привод (в агрегатах обычно устанавливают из-за малой производительности две параллельно работающие клетки). В станах новой конструкции привод каждой клетки делают самостоятельным. Это, в конечном счете, ведет к повышению производительности (примерно на 5...6 %). Объясняется это тем, что, во-первых, сокращаются простои, когда при поломках в одной клетке прекращается прокатка и во второй; во-вторых, скорость прокатки (число оборотов валков) выбирают, обычно исходя из фактического состояния оборудования и в первую очередь подающего аппарата.

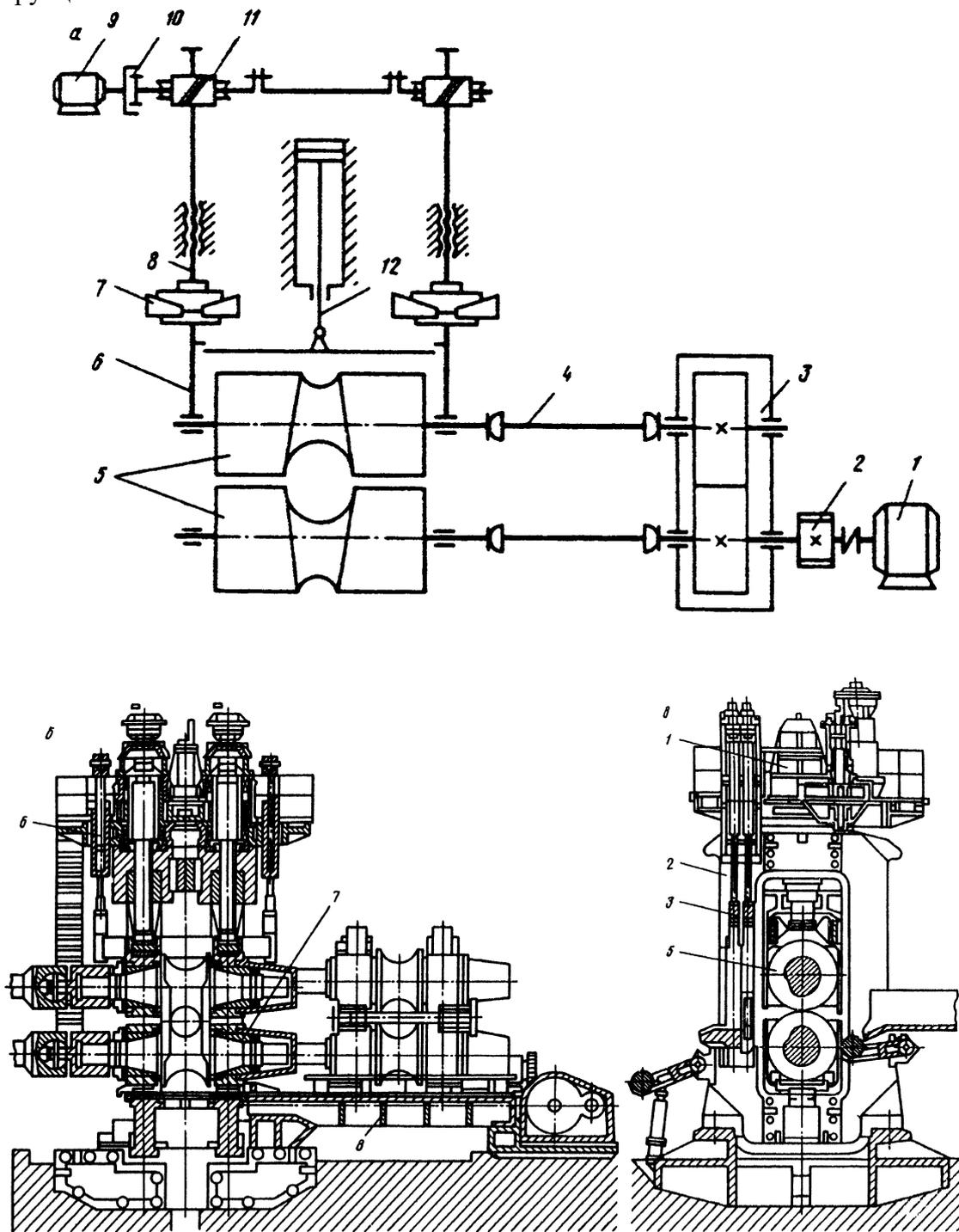
Станы пилигримовой прокатки различают также по способу зарядки дорна (оправки) в гильзу. Наиболее простым способом является зарядка дорна непосредственно на линии, т.е. в самом стане. Однако на современных станах применяют и другой способ зарядки дорна - внестановой.

В связи с этим появилась новая схема входной стороны, при которой осуществляют внестановую зарядку дорна, а на линию стана подают гильзу с введенным в нее дорном. В этом случае темп прокатки возрастает (примерно на 5...7%). Следует отметить отрицательную сторону такой схемы: вследствие более длительного контакта с горячей гильзой дорн разогревается более интенсивно, что приводит к более быстрому его износу. Несмотря на это, современные станы оборудуют внестановой зарядкой дорнов.

Известна еще и третья система работы - прокатка на водоохлаждаемой оправке, когда не требуется замена дорна после прокатки каждой трубы. Такую схему следует признать наиболее прогрессивной, позволяющей существенно повысить производительность пилигримового стана. Однако в этом случае встречаются серьезные конструкторские трудности, которые полностью преодолеть не удается. В частности, при прокатке труб диаметром менее 250 мм, когда диаметр дорна небольшой, нельзя иметь достаточное сечение внутреннего канала для охлаждения. Поэтому этот способ не получил распространения из-за искривления дорна в процессе работы.

Схема и общий вид клетки пилигримового стана показан на рисунке 1 а, б, в. Клеть имеет две станины закрытого типа в виде жестких прямоугольных рам. В проемах станины размещаются подушки рабочих валков обычной для прокатных станов конструкции. Шейки рабочих валков вращаются в текстолитовых вкладышах, смонтированных в подушки. Нижний валок регулируется по высоте прокладками, которые устанавливают под подушки, или клиньями, а верхний рабочий валок перемещается двумя нажимными винтами, вращающимися от электродвигателя через червячные передачи, размещенные сверху станин. Верхний валок уравнивается гидравлическим цилиндром, на плунжер которого опирается поперечина с подвешенными к ней на тросах подушками верхнего валка.

На малых пилигримовых установках применяют также уравновешивание обратными подъемными винтами. Чтобы предохранить валки и нажимные винты от поломки, на подушках под винтами устанавливают предохранительные коробки или стаканы обычной конструкции.



- 1 - электродвигатель главного привода; 2 - маховик; 3 - шестеренная клет; 4 - шпиндель; 5 - рабочие валки; 6 - узел валка; 7 - клиновой механизм; 8 - нажимной механизм; 9 - электродвигатель нажимного механизма; 10- муфта; 11 - червячный редуктор; 12 - станина

Рисунок 1. Кинематическая схема (а), общий вид (б) и разрез клетки (в) пилигримового стана

Рабочая клеть пилигримового стана состоит из двух прямоугольных станин закрытого типа, установленных на общей плитовине и соединенных с нею анкерными кольцами, посаженными по горячей посадке на приливы станины.

Конструкция клетки пилигримового стана подобна конструкции рабочей клетки двухвалкового стана продольной прокатки. В проемах станины устанавливаются подушки рабочих валков, шейки которых вращаются в текстолитовых вкладышах. Регулировка положения верхних рабочих валков осуществляется с помощью двух нажимных винтов с приводом от электродвигателя через червячные редукторы, размещенные вверху станины. С помощью нажимного устройства осуществляется подъем верхнего валка при пропуске нераскатанного конца трубы. Уравновешивание верхнего валка гидравлическое, состоящее из цилиндра, на плунжер штока которого опирается поперечина с подвешенными на тросах подушками валка. На малых пилигримовых станах применяется схема уравновешивания рабочего валка с помощью обратных подъемных винтов. Нижний валок устанавливается по высоте с помощью прокладок, находящихся под подушками, или клиньев.

Предохранение от поломок при перегрузках нажимных винтов и валков осуществляется с помощью предохранительных коробок или стаканов, устанавливаемых на подушках верхних валков под нажимными винтами.

Рабочие валки пилигримового стана имеют круглый ручей с переменной по окружности шириной и глубиной ручья. При вращении валков размеры калибра валков непрерывно меняются и, следовательно, профиль калибра за полный оборот валков получается переменным.

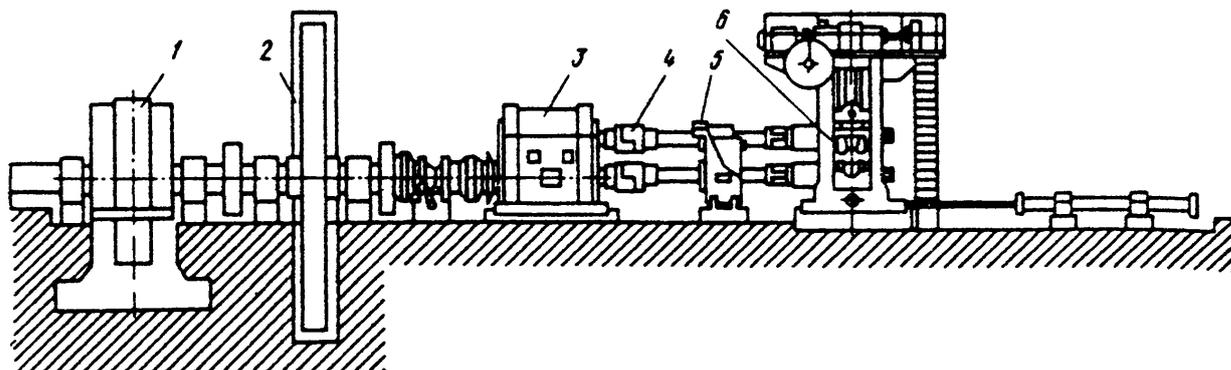
При максимальном радиусе ручья валки образуют холостой калибр и зев валков раскрывается. Размеры холостого калибра больше диаметра гильзы, и в этот момент гильза вместе с дорном продвигается подающим аппаратом на величину подачи. При дальнейшем вращении валков размеры калибра постепенно уменьшаются и валки начинают производить обжатие, которое возрастает с уменьшением радиуса ручья. Валки отжимают захваченный участок гильзы в направлении их вращения, а гильза вместе с дорном перемещается назад. После поворота валков на 360° вновь раскрывается холостой калибр и подающий аппарат снова подает гильзу в валки. Одновременно с подачей гильза поворачивается на 90° .

Диаметр и длину бочки валков выбирают из технологических соображений с проверкой на прочность по минимальному сечению валка с учетом переточек (до 100 мм по диаметру). Наиболее опасным сечением является сечение шейки валка. Рабочие валки пилигримовых станов изготавливают из стали 45 с наплавкой поверхности электродами из стали X25H15.

Привод валков

Привод валков осуществляется от электродвигателей постоянного тока. Независимо от того является ли привод (рисунок 2) групповым (на две клетки) или индивидуальным, в его линии для защиты двигателей от пиковых нагрузок, неизбежно возникающих в процессе прокатки, а также для накопления энергии при холостом ходе устанавливают маховики.

Шестеренная клеть имеет нижнюю приводную шестерню, соединенную с валом маховика при помощи муфты и шпинделя. Корпус шестеренной клетки - стальной со съемной верхней крышкой. Шевронные шестерни вращаются в подшипниках скольжения. Вращение рабочим валкам передается через шпиндели с универсальными головками со стороны шестеренной клетки и треновыми муфтами со стороны рабочей клетки. Шпиндели имеют уравновешивание: верхний - гидравлическое, нижний - пружинное.



1 – двигатель; 2 – маховик; 3 – шестеренная клеть; 4 – муфта;
5 – шриндели; 6 – рабочая клеть

Рисунок 2. Рабочая линия стана пилигримовой прокатки

Подающий аппарат

На входной стороне пилигримового стана наиболее ответственным механизмом является подающий аппарат. От его надежности зависит работа стана и производительность всего агрегата.

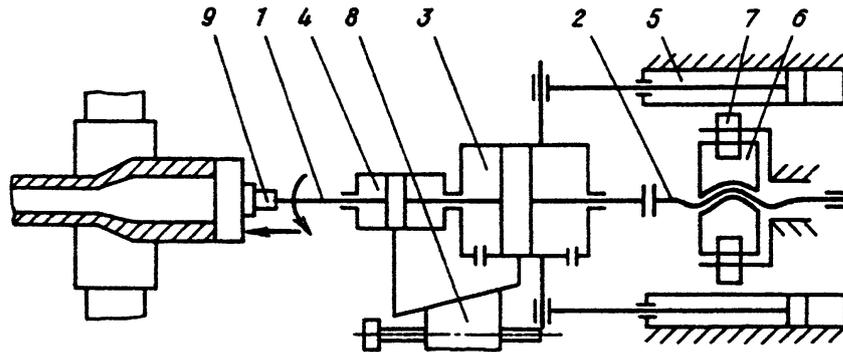
Основная задача механизма - подать гильзу в образующийся зев валка на определенную величину и скантовать ее на заданный угол. Подача должна осуществляться синхронно с валками, что выдвигает дополнительные требования - торможение должно осуществляться мягко и в строго заданном положении. Во всех агрегатах существующих станов подача гильзы в валки осуществляется с помощью пневматического привода. Что касается торможения, то оно может производиться двумя путями: пневматически или гидравлически.

Современные станы, как правило, имеют подающие аппараты с пневматическим приводом подачи и гидравлическим торможением. Обычно аппарат представляет собой (см. рисунок 3) стальной литой корпус, в котором имеются воздушная и водяная камеры. Внутри корпуса движется плунжер, к концу которого крепится дорновый замок. С другой стороны плунжера имеется шлицевая гайка, находящаяся в зацеплении с дрелью. К задней стороне корпуса крепят коробку храпового механизма. В расточки корпуса вставлена тормозная букса и сальники, разделяющие воздушную и водяную камеры.

Подающий аппарат устанавливают на каретку, внутри которой имеется приспособление для регулирования оси аппарата по высоте, позволяя точно выставить аппарат по оси прокатки.

Гильза подается в валки под действием сжатого воздуха давлением 1 МПа и более. Поршень вместе с дорном и гильзой останавливается гидравлическим торможением. Тормозная камера всегда заполнена водой. В нее входит тормозная втулка, на которую давит передний торец воздушного поршня. Перемещающаяся втулка вытесняет воду через клапаны, с помощью которых регулируют работу тормозного устройства. Давление воды в этом устройстве не превышает 0,6 МПа. Одновременно с подачей гильзы поворачивается дрель подающего механизма, а вместе с ней и гильза. Угол поворота обычно близок к 90°.

После очередной подачи в процессе раскатки гильзы каретка подающего аппарата перемещается вперед с помощью гидравлических цилиндров, надвигаясь на поршень, а гильза вместе с дорном и поршнем движется назад. Давление воды в гидравлическом цилиндре достигает до 20 МПа. Таким образом, при пилигримовой прокатке дорн с гильзой-трубой совершает возвратно-поступательное движение, а раскатываемый участок трубы постепенно сходит с дорна.



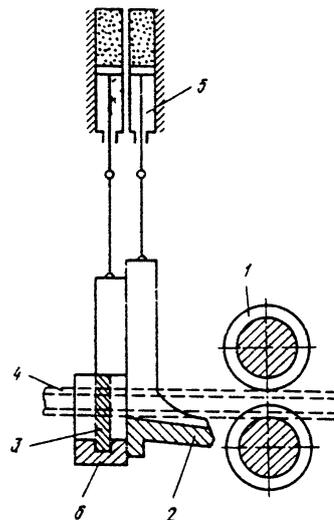
1 - плунжер; 2 - дрель; 3 - воздушная камера; 4 - тормозная водяная камера;
5 - гидроцилиндр подачи; 6,7 - храповое колесо с защелками;
8 - винт механизма подъема; 9 - дорн

Рисунок 3. Подающий аппарат

При широком сортаменте труб на стане используют механизмы двух типоразмеров. Подающие аппараты легко заменяются. Для этого их необходимо отсоединить от каретки, а саму замену осуществляют мостовым краном.

Входная сторона пилигримового стана

Со стороны входа в рабочую клеть установлено шибрное устройство, которое предназначено для удержания трубы при извлечении из нее дорна после окончания прокатки (рисунок 4).



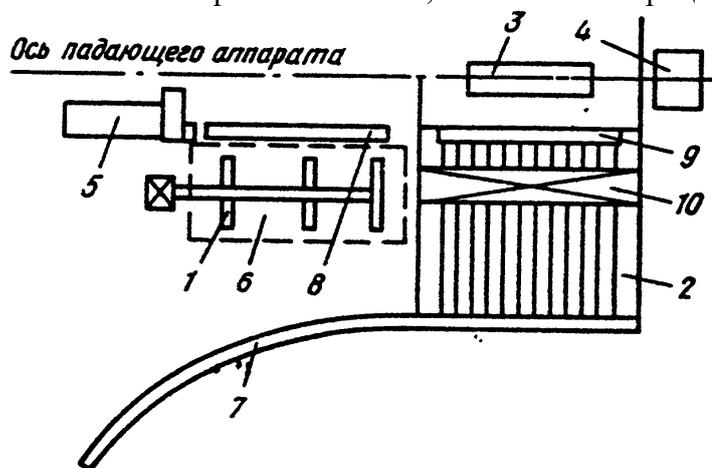
1 – рабочие валки; 2 – язык шибера; 3 – шибера; 4 – труба; 5 – тяга шибера; 6 - кольцо

Рисунок 4. Схема шибрного устройства пилигримового стана

Дорн свободно проходит в вырезе шибера, а труба или гильза упирается в выступ шибера, который установлен в раме с направляющими. Опускается шибер под действием силы тяжести, а поднимается с помощью гидроцилиндра. При смене валков для прокатки труб нового диаметра шибер заменяют.

На входной стороне расположены также механизмы для зарядки дорна в гильзу. После прокатки очередной трубы на пилигримовом стане дорн вынимают из дорнодержателя подающего аппарата, охлаждают водой, вводят следующую гильзу и вместе с ней снова устанавливают в подающий аппарат. Эти операции выполняют несколькими механизмами (рисунок 5). Подъемный стол с гидравлическим приводом, расположенный между подающим аппаратом и пилигримовой клетью, снимает дорн из дорнодержателя. Поднятый столом дорн на котором вели прокатку, скатывается на рычаги тележки с цепным

приводом, поданной к пилигримовой клети, и располагается напротив подъемного стола. Тележка транспортирует дорн к охлаждающей ванне, заполненной водой. В ванне находится барабан с пальцами специальной конструкции, которые позволяют перемещать дорн по направляющим, имеющимся в ванне. С рычагов тележки дорн захватывается пальцами барабана; тележка отодвигается дальше в свое крайнее положение, освобождая место для охлажденного дорна. Барабан поворачивается, извлекая из ванны охлажденный дорн и погружая в воду нагретый дорн. В ванне одновременно находится несколько дорнов. Охлажденный дорн занимает исходное положение для заталкивания. Гильза, поданная рольгангом к наклонной решетке, скатывается по ней до упора и занимает положение против охлажденного дорна. Включается передний ход тележки и дорн заряжается. Манипулятор поднимает гильзу с дорном и укладывает ее на подъемный стол, который находится в верхнем положении. Захватывающее приспособление манипулятора приводится в движение воздушным цилиндром дистанционного управления, а его подъемный механизм - двумя гидравлическими цилиндрами. Подъемный стол с дорном и гильзой опускается и дорн захватывается дорнодержателем подающего аппарата. Подающий аппарат с гильзой и дорном подается к валкам пилигримового стана, и начинается процесс прокатки.



- 1 – барабан; 2 – наклонная решетка; 3 – подъемный стол; 4 – рабочая клеть;
 5 – тележка для транспортирования и подачи дорнов; 6 – ванна для охлаждения;
 7 – рольганг; 8 – дорн; 9 – гильза; 10 – манипулятор

Рисунок 5. Входная сторона пилигримового стана

На выходной стороне стана установлены выводные проводки, которые придают трубе правильное направление во время и после окончания прокатки.

Нижнюю и подвижную часть крепят на выступе станины. Боковые стрельчатые части проводки смонтированы на подвижной раме, которая поднимается или опускается гидроцилиндром двойного действия. Стрельчатые боковые части проводки предотвращают смещение трубы при прокатке. Кроме того, они являются ограничителями подачи гильзы, так как расстояние между ними меньше диаметра гильзы. При прокатке труб разного диаметра вместе со сменой валков подлежат замене и выводные проводки.

После выдачи трубы из калибра верхний валок и боковые части стрельчатой проводки опускаются, занимая рабочее положение. Поддерживающий ролик, установленный за проводкой, опускается ниже оси прокатки, а шибер и язык соответственно поднимаются. Подающий аппарат с дорном, закрепленным в держателе, отводится в заднее положение.

Передний конец гильзы при подаче в валки поддерживается снизу валком. После окончания прокатки труба опирается в выступ шибера, облегчая извлечение дорна при обратном ходе подающего аппарата.

Контрольные вопросы

1. Назначение пилигримовых станов.

2. Классификация пилигримовых станов по типу привода валков.
3. Классификация станов по способу зарядки дорна (оправки) в гильзу.
4. Состав и принцип работы уравнивающего устройства.
5. Состав и принцип работы привода валков.
6. Назначение подающего аппарата.
7. Принцип работы подающего аппарата.
8. Состав оборудования входной стороны пилигримового стана.
9. Назначение и принцип работы шибера пилигримового стана.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Расчетно-практическая работа

Оценка энергосиловых параметров при винтовой прокатке труб

Цель работы: определить силы, момент и мощность винтовой прокатки.

Теоретическая часть

Разновидности винтовой прокатки

При винтовой прокатке в общем случае пространственная ориентировка валков определяется углами подачи ν и раскатки δ , за счет чего обеспечивается движение заготовки по винтовой линии. Валки состоят из нескольких конических и цилиндрических участков; основные типы валков показаны на рисунке 1.

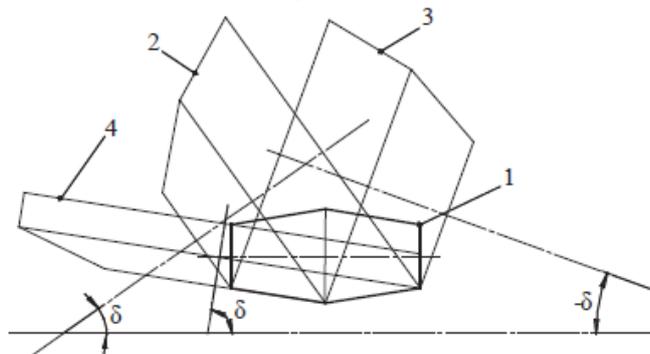


Рисунок 1. Типы валков, применяемые при винтовой прокатке:
1 — бочковидные, 2 — грибовидные, 3 — чашевидные, 4 — дисковые

Углы ориентировки валков определяют следующим образом. Угол подачи $\nu = 5 \dots 15^\circ$ - угол между проекцией оси валка на горизонтальную плоскость, проходящую через ось прокатки, и осью прокатки. Угол раскатки $\delta = 17 \dots 83^\circ$ — острый угол между проекцией оси валка на вертикальную плоскость, проходящую через ось прокатки, и осью прокатки.

Известны следующие разновидности винтовой прокатки (рисунок 2):

- ✓ прошивка — получение полрой толстостенной гильзы из сплошной заготовки (типы валков: бочковидные (рисунок 2, а), дисковые, грибовидные);
- ✓ раскатка стенки на оправке в двухвалковом стане с бочковидными валками (см. рисунок 2, б); в трехвалковом раскатном стане с грибовидными валками (см. рисунок 2, в); элонгирование на 2-валковом стане с грибовидными валками;
- ✓ обкатка с небольшим подъемом наружного диаметра (риллингование) — для устранения поверхностных дефектов после раскатки на автоматическом стане, на 2-валковом стане с грибовидными валками на короткой оправке (см. рисунок 2, г);
- ✓ безоправочная прокатка (редуцирование и калибровка) на 2–3-валковых станах с различной формой валков (см. рисунок 2, д); редуцирование с обжатием по диаметру до 25 % и калибровка для устранения овальности труб с обжатием по диаметру 2–3 мм.

Бочковидные валки наиболее универсальны, применяются для всего сортамента труб. При прокатке в 2-валковых станах для удержания заготовки по оси прокатки применяется направляющий инструмент: линейки, диски, ролики. При прокатке тонкостенных

труб $D/S > 20-30$ применяются 2 линейки, плотно прилегающие к валкам, чтобы металл не затекал в зазоры. При прокатке толстостенных труб $D/S < 10$ плотного прилегания не требуется из-за высокой жесткости поперечного сечения, и применяют диски или ролики.

Грибовидные и дисковые валки имеют консольное крепление, не выдерживающее больших усилий прокатки, поэтому применяются для прокатки тонкостенных труб с наружным диаметром менее 140 мм. При прокатке в грибовидных валках обеспечивается более высокая скорость прокатки, так как диаметр валка увеличивается по ходу прокатки (см. рисунок 1, поз. 2).

Диапазоны углов подачи и раскатки в различных вариантах прокатки приведены в таблице 1.

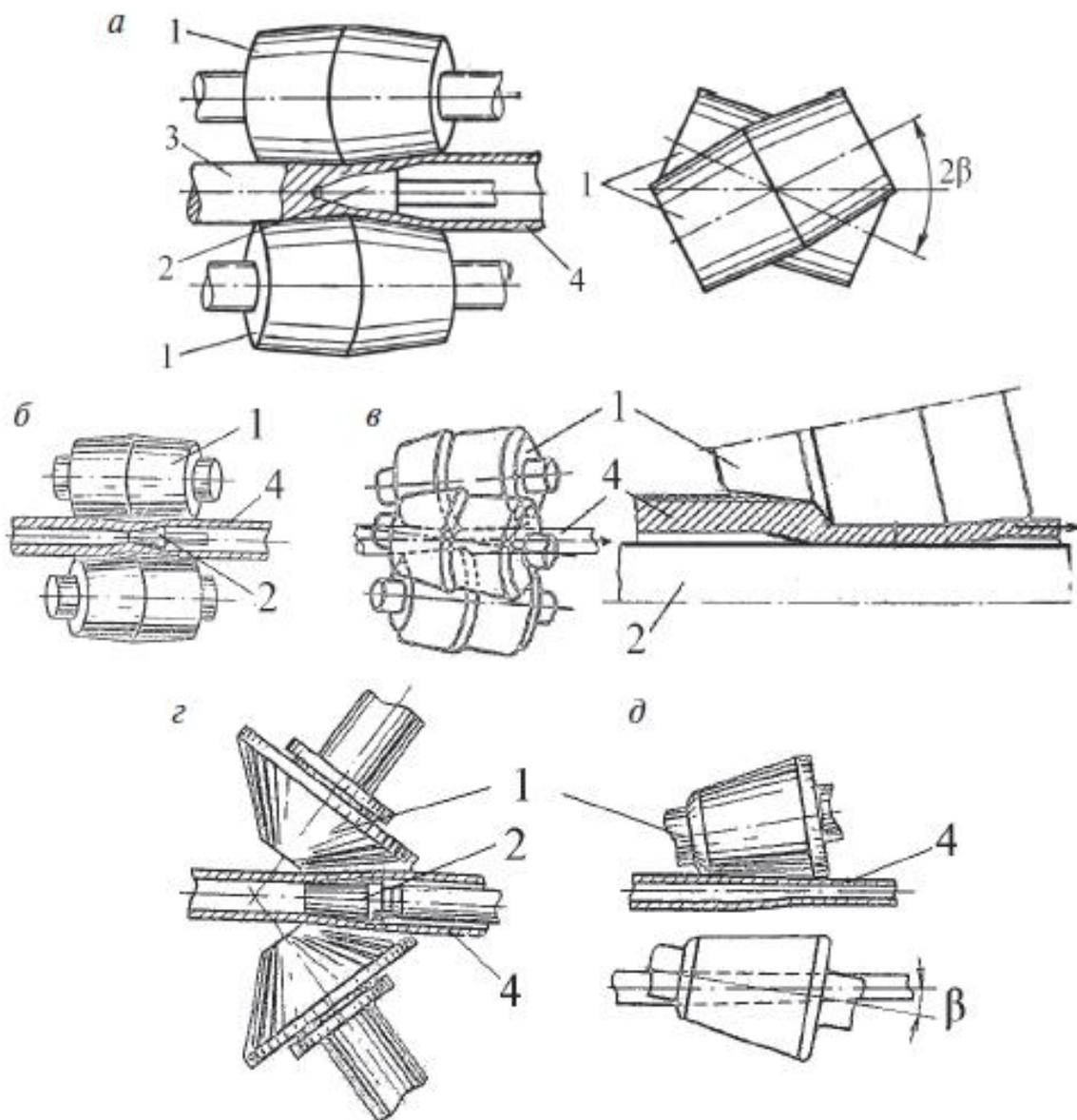


Рисунок 2. Разновидности винтовой прокатки:

- а — прошивка на бочковидных валках; б — раскатка в бочковидных валках;
 в — раскатка в грибовидных валках; г — обкатка; д — безоправочная прокатка;
 1 — валки; 2 — оправка; 3 — заготовка; 4 — гильза

Параметры ориентировки валков для винтовой прокатки

Форма валков	Кол-во валков	Угол подачи β , град	Угол раскатки δ , град
Бочковидные	2–3	5–15	0
Грибовидные			17–30
Чашевидные			–17–30
Дисковые	2		80–83

Расчетная часть**Исходные данные:**

Материал заготовки: _____

 D - диаметр валков в пережиме; n - частота вращения валков; β - угол подачи; α_1, α_2 - углы конусов прошивки и раскатки; d_3 - диаметр заготовки; r_3 - радиус заготовки; d_2 - диаметр гильзы; S_r - толщина стенки гильзы; d_{II} - диаметр в сечении пережима; S_{II} - толщина стенки в сечении пережима; η_x, η_y - коэффициенты скольжения; T - температура прокатки;

Шаг винтовой линии в сечении пережима

$$l_{II} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot \eta_x \cdot \mu_{II}}{k_6 \cdot \eta_y \cdot \mu_{\Sigma}} \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

 k_6 - количество валков стана.

Момент прокатки, равный крутящему моменту, необходимому для вращения валков

$$M = \frac{1}{2} P \cdot b_{II} \cdot \left(1 + \frac{D}{d_{II}} \right)$$

Ширина контактной поверхности в сечении пережима

$$b_{II} = k_{\phi} \cdot \sqrt{2 \cdot r_{II} \cdot \Delta r_{II} + \Delta r_{II}^2}$$

Время обжатия. Определяется как время прохождения металлом контактной поверхности шириной b_{II} , принимая скорость металла примерно равной скорости валка.

$$v = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{60}$$

Время обжатия

$$t = \frac{b_{II}}{v}$$

Интенсивность скоростей деформаций сдвига

$$H = \sqrt{3} \cdot \xi$$

Сопротивление деформации

$$\sigma_s = a_1 \cdot \Lambda^{a_2} \cdot H^{a_3} \cdot \left(\frac{T}{1000} \right)^{a_4}$$

Здесь $a_1 \dots a_4$ - эмпирические коэффициенты, определяемые по таблице 2.

Давление металла на валок в конусе прошивки

$$p_1 = \sigma_s \cdot \left(1,8 - \frac{b_{II}}{2 \cdot r_{II}} \right) \cdot \left(1 - 2,7 \cdot \overline{\varepsilon_{II}^2} \right)$$

Давление в конусе раскатки

$$p_2 = 0,75 \cdot p_1$$

Длина контактных поверхностей в зонах прошивки и раскатки

$$l_1 = \frac{r_3 - r_{II}}{\operatorname{tg} \alpha_1} \quad l_2 = \frac{r_r - r_{II}}{\operatorname{tg} \alpha_2}$$

Полная площадь контактной поверхности (включает зоны прошивки и раскатки)

$$F = F_1 + F_2 = b_{1cp} \cdot l_1 + b_{2cp} \cdot l_2$$

Угловая скорость вращения валков

$$w_6 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

Мощность прокатки

$$N = k_6 \cdot M \cdot w_6$$

Коэффициенты вытяжки

Общий коэффициент вытяжки

$$\mu_{\Sigma} = \frac{d_3}{4 \cdot S_r \cdot (d_r - S_r)}$$

Коэффициент вытяжки в сечении пережима

$$\mu_{II} = \frac{d_3}{4 \cdot S_{II} \cdot (d_{II} - S_{II})}$$

Относительное обжатие в сечении пережима

$$\varepsilon_{II} = \Delta r_{II} / r_{II}$$

Ширина контактной поверхности в зонах прошивки и раскатки

$$b_{1cp} = 0,67 \cdot b_{II}$$

$$b_{2cp} = 0,8 \cdot b_{II}$$

Скорость относительного обжатия

$$\xi = \varepsilon_{II} / t$$

Частное обжатие в сечении пережима

$$\Delta r_{II} = l_{II} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1$$

Вертикальная составляющая усилия металла на валок

$$P = P_1 + P_2 = p_1 \cdot F_1 + p_2 \cdot F_2$$

Относительное обжатие по диаметру в сечении пережима

$$\overline{\varepsilon}_{\Pi} = \frac{d_3 - d_{\Pi}}{d_3}$$

Степень деформации сдвига, накопленная в сечении пережима

$$\Lambda = 2 \cdot k_{нем} \cdot \ln(\mu_{\Pi}).$$

$k_{нем} = 1,5...2$ - коэффициент не монотонности деформации.

Таблица 2

Коэффициенты для расчета сопротивления деформации

Сталь	a_1	a_2	a_3	a_4
10	63,00	0,164	0,134	-2,80
35	43,64	0,074	0,198	-3,85
45	79,48	0,173	0,143	-3,05
15 Г	78,30	0,186	0,126	-2,74
35 ГС	78,83	0,187	0,236	-2,79
40Х	78,02	0,170	0,130	-3,62
1Х13	129,83	0,125	0,102	-3,50
Х12 М	175,94	0,067	0,127	-3,12
Х17 Н2	105,40	0,063	0,130	-4,72
30ХГСА	80,22	0,250	0,134	-3,34
38ХМЮА	87,45	0,273	0,114	-3,72
40ХНМА	81,34	0,175	0,125	-3,40
12Х2 Н4 А	83,22	0,226	0,100	-3,20
08Х18 Н10 Т	112,95	0,088	0,112	-4,35
Х21 Н	174,45	0,128	0,103	-3,27
Х23 Н18	215,11	0,105	0,093	-3,18

Параметр	Единица измерения	Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр валков в пережиме	мм	900	880	850	920	925	890	880	895	900	890
Частота вращения валков	об/мин	100	120	110	115	100	90	135	125	115	110
Угол подачи	град	10	11	12	13	9	10	11,5	13	10,5	9
Угол конуса прошивки	град	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Угол конуса раскатки	град	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Диаметр заготовки	мм	120	110	115	100	105	125	120	110	105	125
Радиус заготовки	мм	60	70	80	50	65	75	60	55	60	75
Диаметр гильзы	мм	124	120	122	126	125	122	121	120	123	120
Толщина стенки гильзы	мм	15	14	12	13	16	17	14	15	12	14
Диаметр в сечении пережима	мм	100	105	110	95	98	110	105	103	112	115
Толщина стенки в сечении пережима	мм	30	28	25	32	31	30,5	28	29	28,5	30
Коэффициент скольжения		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Коэффициент скольжения		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Температура прокатки	°С	1150	1200	1100	1050	1250	1200	1150	1100	1120	1270
Материал заготовки		Сталь 45	15Г	Сталь 10	X12M	40X	40XНМА	1X13	30XГСА	X21H	35ГС

Параметр	Единица измерения	Вариант									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Диаметр валков в пережиме	мм	920	880	895	900	925	850	890	920	890	880
Частота вращения валков	об/мин	115	120	125	100	100	110	110	115	90	135
Угол подачи	град	13	11	13	10	9	12	9	13	10	11,5
Угол конуса прошивки	град	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Угол конуса раскатки	град	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Диаметр заготовки	мм	100	110	110	120	105	115	125	100	125	120
Радиус заготовки	мм	50	70	55	60	65	80	75	50	75	60
Диаметр гильзы	мм	126	120	120	124	125	122	120	126	122	121
Толщина стенки гильзы	мм	13	14	15	15	16	12	14	13	17	14
Диаметр в сечении пережима	мм	95	105	103	100	98	110	115	95	110	105
Толщина стенки в сечении пережима	мм	32	28	29	30	31	25	30	32	30,5	28
Коэффициент скольжения		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Коэффициент скольжения		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Температура прокатки	°С	1050	1200	1100	1150	1250	1100	1270	1050	1200	1150
Материал заготовки		X12M	15Г	30XГСА	Сталь 45	40X	Сталь 10	35ГС	X12M	15Г	X23H18