Министерство образования и науки Российской Федерации
Лысьвенский филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Кафедра технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
д-р техн. наук
_____ Н.В. Лобов
«08» 11 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология прокатки и волочения»

Программа академического бакалавриата

Направление подготовки	**22.03.02 Металлургия**
Направленность (профиль) программы бакалавриата	**Обработка металлов и сплавов давлением**
Квалификация выпускника	**Бакалавр**
Выпускающая кафедра	**Технических дисциплин**
Форма обучения	**Очная, очно-заочная**

Курс: 3, 4 **Семестр (ы):** 6, 7, 8

Трудоёмкость:
Кредитов по рабочему учебному плану (БУП): 14
Часов по рабочему учебному плану (БУП): 504

Виды контроля:

Экзамен:	**6,7**	Дифференцированный зачёт:	**8**	Курсовой проект:	**8**	Курсовая работа:	**нет**

Лысьва 2017 г.

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – приобретение знаний, умений и навыков современной технологии прокатки и волочения металлов и сплавов.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

– способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке (ПК-10);

– готовность оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов (ПК-13).

1.2 Задачи дисциплины:

– установление общих закономерностей технологических процессов прокатки и волочения металлов и сплавов;

– ознакомление с оборудованием, применяемым при прокатке и волочении;

– ознакомление с теоретическими разработками в области прокатки и волочения.

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

– технологические процессы прокатки;

– оборудование для прокатки;

– технологические процессы волочения;

– оборудование для волочения;

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Технология прокатки и волочения» относится к дисциплинам по выбору Блока 1 (Б1). Дисциплины (модули) при освоении ОПОП по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия» по профилю «Обработка металлов давлением»..

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Научно-исследовательская деятельность			
ПК-10	Способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке	Металлургические технологии Основы технологических процессов обработки металлов давлением Литейное производство Металлургия черных металлов Металлургия цветных металлов	
		Термообработка Контроль и управление технологическими процессами Технология кузнечно – штамповочного производства Технология трубного производства	
ПК-13	Готовность оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов	Безопасность жизнедеятельности Оборудование цехов обработки металлов давлением Основы проектирования металлургических предприятий Технология кузнечно – штамповочного производства Технология трубного производства	

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие планируемые результаты обучения:

Знать:

– теоретические закономерности технологии горячей и холодной прокатки и волочения;

– основные технологические процессы горячей и холодной прокатки металлов, уравнения для расчета показателей прокатки;

– оборудование и оснастку для реализации технологических процессов горячей и холодной прокатки и волочения;

– механику сплошных сред, порядок построения математических моделей технологических процессов прокатки и волочения и современные методы их реализации;

– методы проектирования технологических процессов горячей и холодной прокатки и волочения.

Уметь:

– оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов;

– разрабатывать технологические процессы прокатки и волочения и проводить их анализ, в т.ч. с использованием современных компьютерных технологий;

– в профессиональной деятельности применять методики расчета пластичности;

– выбирать оборудование для технологических процессов прокатки и волочения;

– анализировать теоретические исследования и решения изучаемых процессов, эффективность технологии и оборудования для прокатки и волочения;

– рассчитывать технологические режимы, деформационные и силовые показатели различных процессов прокатки и волочения, прогнозировать изменения структуры и свойств.

Владеть:

– основами расчёта технологических переходов процессов горячей и холодной прокатки и волочения;

– методами расчёта энергосиловых параметров технологического оборудования для прокатки и волочения;

– навыками осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и металлообработке;

– практическими навыками расчета степени использования запаса пластичности конструкционных материалов в процессах обработки давлением;

– современными методами и средствами, в том числе компьютерными, для исследования задач по проектированию и расчету основных показателей технологических процессов горячей и холодной прокатки и волочения металлов и сплавов.

Учебная дисциплина обеспечивает расширение и углубление частей компетенций ПК-10, ПК-13.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-10

Код ПК-10	**Формулировка компетенции** способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке

Код ПК-10 Б1.ДВ.06.1	**Формулировка дисциплинарной части компетенции:** способность осуществлять и корректировать технологические процессы обработки металлов давлением

Требования к компонентному составу части компетенции ПК-10. Б1.ДВ.06.1

Перечень компонентов в результате освоения части компетенции студент	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: –теоретические закономерности технологии горячей и холодной прокатки и волочения; –механику сплошных сред, порядок построения математических моделей технологических процессов прокатки и волочения и современные методы их реализации.	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы для текущего контроля. Вопросы к экзамену и диф. зачету.
Умеет: –разрабатывать технологические процессы прокатки и волочения и проводить их анализ, в т.ч. с использованием современных компьютерных технологий; –выбирать оборудование для технологических процессов прокатки и волочения; –в профессиональной деятельности применять методики расчета пластичности; –анализировать теоретические исследования и решения изучаемых процессов, эффективность технологии и оборудования для прокатки и волочения.	Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. Лабораторные работы. Практические занятия. Выполнение курсового проекта.	Практические задания к экзамену и диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам и практическим занятиям. Защита курсового проекта.
Владеет: –основами расчёта технологических переходов процессов горячей и холодной прокатки и волочения; –методами расчёта энергосиловых параметров технологического оборудования для прокатки и волочения.	Лабораторные работы. Практические занятия. Курсовой проект.	Защита отчётов по лабораторным работам. Защита отчётов по практическим занятиям. Защита курсового проекта.

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-13

Код ПК-13	**Формулировка компетенции:** готовность оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов

Код ПК-13 Б1.ДВ.06.1	**Формулировка дисциплинарной части компетенции:** готовность оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов обработки металлов давлением

Требования к компонентному составу части компетенции ПК-13.Б1. ДВ.06.1

Перечень компонентов в результате освоения части компетенции студент	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: –основные технологические процессы горячей и холодной прокатки металлов, уравнения для расчета показателей прокатки;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по	Вопросы для текущего контроля. Вопросы к экзамену

–оборудование и оснастку для реализации технологических процессов горячей и холодной прокатки и волочения; –методы проектирования технологических процессов горячей и холодной прокатки и волочения.	изучению теоретического материала.	и диф. зачету.
Умеет: –оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов; –рассчитывать технологические режимы, деформационные и силовые показатели процессов различных процессов прокатки и волочения и прогнозировать изменения структуры и свойств.	Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. Лабораторные работы. Практические занятия. Выполнение курсового проекта.	Практические задания к экзамену и диф. зачету. Отчёты по лабораторным работам и практическим занятиям. Защита курсового проекта.
Владеет: –навыками осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и металлообработке; –практическими навыками расчета степени использования запаса пластичности конструкционных материалов в процессах обработки давлением; –современными методами и средствами, в том числе компьютерными, для исследования задач по проектированию и расчету основных показателей технологических процессов горячей и холодной прокатки и волочения металлов и сплавов.	Лабораторные работы. Практические занятия. Курсовой проект.	Защита отчётов по лабораторным работам. Защита отчётов по практическим занятиям. Защита курсового проекта.

3. Структура и модульное содержание учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 14 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблицах 3.1 и 3.2.

3.1. Очная форма обучения

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий							Трудоёмкость, всего	
			Аудиторная (контактная) работа					Итоговый контроль	СР		
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР			час.	ЗЕ
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Модуль 1. Теория прокатки.	Раздел 1. Кинематика процесса прокатки	Введение	1	1						1	0,03
		Тема 1. Теория процессов прокатки, прессования, волочения.	9	9					14	23	0,64
		Тема 2. Виды прокатки. Геометрия очага деформации при прокатке.	19	9	10				20	39	1,08
		Тема 3. Условие захвата металла валками.	25	6	17		2		20	45	1,25
		Итоговая аттестация:						**экзамен**		**36**	**1**
		Итого за 6 семестр:	**54**	**25**	**27**		**2**	**36**	**54**	**144**	**4**
	Раздел 2. Закономерности деформации и контактные напряжения при прокатке	Тема 4. Опережение и уширение при прокатке	20	8	12				18	38	1,06
		Тема 5. Напряженно-деформированное состояние при прокатке полосы	28	8	12	8			26	54	1,50
	Раздел 3. Энергосиловые параметры процесса прокатки	Тема 6. Силовые условия при прокатке	24	6	12	6			24	48	1,33
		Тема 7. Момент на валу главного двигателя	10	6		4			12	22	0,61
		Тема 8. Производительность прокатного стана	8	6			2		10	18	0,50
		Итоговая аттестация:						**экзамен**		**36**	**1**
		Итого за 7 семестр:	**90**	**34**	**36**	**18**	**2**	**36**	**90**	**216**	**6**
		Итого по модулю:	**144**	**59**	**63**	**18**	**4**	**72**	**144**	**360**	**10**

Модуль 2 Теория волочения.	Раздел 4. Закономерности течения металла и характер напряженно-деформированного состояния при волочении.	Тема 9. Сущность и основные характеристики процесса волочения.	18	6	12				20	38	1,06
		Тема 10. Напряженное и деформированное состояние при волочении. Сила и напряжение волочения.	18	6	12				20	38	1,06
	Раздел 5. Теоретические основы проектирования технологических процессов волочения.	Тема 11. Основы проектирования переходов волочения. Заключение	41	8	20	11	2		27	68	1,89
	Итого по модулю:		**77**	**20**	**44**	**11**	**2**		**67**	**144**	**4**
Итоговая аттестация:								**диф. зачет**			
Итого за 8 семестр:			**77**	**20**	**44**	**11**	**2**		**67**	**144**	**4**
ИТОГО:			**221**	**79**	**107**	**29**	**6**	**72**	**211**	**504**	**14**

3.2. Очно-заочная форма обучения

Номер учебного модуля	**Номер раздела дисциплины**	**Номер темы дисциплины**	**Количество часов и виды занятий**							**Трудоёмкость, всего**	
			Аудиторная (контактная) работа					**Итоговый контроль**	**СР**		
			Всего	**Л**	**ПЗ**	**ЛР**	**КСР**			**час.**	**ЗЕ**
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Модуль 1 Теория прокатки	Раздел 1. Кинематика процесса прокатки	Введение	1	1						1	0,03
		Тема 1. Теория процессов прокатки, прессования, волочения.	4	4					24	28	0,78
		Тема 2. Виды прокатки. Геометрия очага деформации при прокатке.	13	5	8				26	39	1,08
		Тема 3. Условие захвата металла валками	14	4	8		2		26	40	1,11

		Итоговая аттестация:						**экзамен**		**36**	**1**
		Итого за 8 семестр:	**32**	**14**	**16**		**2**	**36**	**76**	**144**	**4**
	Раздел 2. Закономерности деформации и контактные напряжения при прокатке	Тема 4. Опережение и уширение при прокатке	9	3	6				24	33	0,92
		Тема 5. Напряженно-деформированное состояние при прокатке полосы	17	3	6	8			28	45	1,25
	Раздел 3. Энергосиловые параметры процесса прокатки	Тема 6. Силовые условия при прокатке	14	2	6	6			30	44	1,22
		Тема 7. Момент на валу главного двигателя	8	4		4			22	30	0,83
		Тема 8. Производительность прокатного стана	6	4			2		22	28	0,78
		Итоговая аттестация:						**экзамен**		**36**	**1**
		Итого за 9 семестр:	**54**	**16**	**18**	**18**	**2**	**36**	**126**	**216**	**6**
		Итого по модулю:	**86**	**30**	**34**	**18**	**4**	**72**	**202**	**360**	**10**
Модуль 2. Теория волочения.	Раздел 4. Закономерности течения металла и характер напряженно-деформированного состояния при волочении.	Тема 9. Сущность и основные характеристики процесса волочения.	10	4	6				32	42	1,17
		Тема 10. Напряженное и деформированное состояние при волочении. Сила и напряжение волочения.	10	4	6				36	46	1,28
	Раздел 5. Теоретические основы проектирования технологических процессов волочения.	Тема 11. Основы проектирования переходов волочения. Заключение	20	6	4	8	2		36	56	1,56
		Итого по модулю:	**40**	**14**	**16**	**8**	**2**		**104**	**144**	**4**
Итоговая аттестация:								**диф. зачет**			
Итого за 10 семестр:			**40**	**14**	**16**	**8**	**2**		**104**	**144**	**4**
ИТОГО:			**126**	**44**	**50**	**26**	**6**	**72**	**306**	**504**	**14**

3.3 Перечень тем практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	Уравнение постоянства объема и коэффициенты деформации при прокатке
2	3	Условие захвата металла валками и определение коэффициента трения
3	4	Уширение при прокатке
4	4	Опережение при прокатке
5	5	Неравномерность деформации при прокатке
6	6	Исследование силовых условий при прокатке в валках с гладкой бочкой
7	6	Исследование падения температуры прокатываемого металла при горячей прокатке
8	9-11	Способы волочения
9	9-11	Факторы, влияющие на процесс волочения

3.4 Перечень тем лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторных работ
1	5	Определение геометрических параметров продольной прокатки полосы
2	5	Влияние холодной деформации на механические свойства прокатываемого металла
3	6	Конструкция прокатных станов
4	6	Определение энергосиловых параметров продольной прокатки
5	7	Определение жесткости рабочей клети прокатного стана
6	11	Конструкция волочильного стана и технологические приемы волочения проволоки

4. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в течение трех семестров.

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. изучение учебной дисциплины должно вестись систематически и сопровождаться составлением подробного конспекта; в конспект рекомендуется включать все виды учебной работы: лекции, самостоятельную проработку учебников и рекомендуемых источников;

2. после изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия;

3. особое внимание следует уделить выполнению заданий на практических занятиях, лабораторных работах, поскольку это способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний; перед выполнением заданий на практических и лабораторных работах рекомендуется изучить необходимый теоретический материал;

4. вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем, им же даются источники для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

4.1 Тематика для самостоятельного изучения дисциплины:

* – для очно-заочной формы обучения дополнительно

Тема1: Теория процессов прокатки, прессования, волочения

Обработка металлов давлением (ОМД)- прогрессивный способ получения изделий из металлов. Производительность основных процессов ОМД, Влияние ОМД на свойства, структуру, качество поверхности, точность размеров изделий. Ресурсосберегающий характер способов ОМД. Две группы ОМД: прокатно-прессово-волочильное производство и кузнечно-штамповочное производство. Виды продукции, получаемые прокаткой, прессованием и волочением. Сравнение, продукций первой и второй групп. Сочетание процессов прокатки, прессования, волочения со средствами механизации и автоматизации. Необходимость в разработке современных высокопроизводительных, экономичных технологических процессов прокатки, прессования, волочения. Ученые, внесшие особый вклад в развитие «Теории процессов прокатки, прессования, волочения». Особая роль теория прокатки в общей теории ОМД. Основная литература по «Теории прокатки». История возникновения и развития прессования металлов. История возникновения и развития волочения.

Тема 2: Виды прокатки. Геометрия очага деформации при прокатке.

Определение процесса прокатки. Основные преимущества прокатки по сравнению с прессованием, волочением. Влияние прокатки на структуру металлов и эксплуатационные свойства изделий. Схемы термомеханической обработки, включающие прокатку. Непрерывное литье и прокатка стали и сплавов. Классификация процессов прокатки. Виды прокатки: продольная, поперечно-винтовая, непрерывная, реверсивная, горячая, теплая, холодная, листовая, сортовая. Рабочие валки с гладкой бочкой или с нарезными калибрами. Симметричный и асимметричный процессы прокатки: определение и условия. Простой процесс прокатки: определение и условия. Геометрия очага деформации при прокатке. Геометрический очаг деформации и фактический очаг деформации. Зоны внеконтактной деформации. Дуга захвата. Угол захвата. Основные характеристики формы геометрического очага деформации при прокатке. Параметры деформации при прокатке: коэффициенты обжатия, уширения, удлинения (вытяжки), относительное обжатие, относительное уширение, относительное удлинение, связь коэффициентов, истинные (логарифмические) деформации (высотная, поперечная, продольная) коэффициент формы.

Тема 3: Условие захвата металла валками.

Периоды прокатки: неустановившийся, установившийся, выброс: условия, определения. Условие постоянства секундных объемов. Схема действия сил и вывод условия захвата металла валками для неустановившегося периода прокатки. Зависимость коэффициента трения зависит от состояния поверхности и материала валков, скорости прокатки, температуры

металла и др. Практические значения максимальных углов захвата прокатных станов. Принудительный захват: схема действия сил вывод условия захвата металла валками. Факторы, оказывающие влияние на степень смятия кромок полосы под действием заталкивающей силы. Установившейся период прокатки: схема действия сил и условие захвата металла валками. Факторы, влияющие на захват металла валками: коэффициент трения, скорость вращения валков, температура, использование заходного клина; применение вталкивающей силы, использование смазки. Сравнение неустановившегося и установившегося периодов прокатки.

Тема 4: **Опережение и уширение при прокатке**

Анализ перехода от неустановившейся стадии прокатки к установившейся стадии. Резерв сил трения. Определение опережения. Графическое представление опережения. Распределение скорости движения металла и линейной скорости вращения валков в очаге деформации при прокатке. Проскальзывание полосы при прокатке. Схема действие сил в разных зонах очага деформации. Зона отставания. Зона опережения. Количественная оценка опережения. Экспериментальное определение опережения: метод керновых отпечатков. Теоретическое определение опережения. Критический угол. Коэффициент опережения. Формулы для определения скоростей движения металла. Критическое сечение. Очаг деформации при прокатке узких полос. Зона прилипания. Факторы, влияющие на опережение при прокатке: коэффициент трения диаметр валков толщина полосы использование переднего натяжения и заднего подпора. Учет опережения и отставания в непрерывных прокатных станах. Уширение при прокатке. Относительное уширение. Коэффициент уширения. Свободное уширение. Ограниченное уширение. Вынужденное уширение. Анализ влияния факторов на уширение. Обжатие (формула Жеза), дробность деформации, диаметр валков ширина полосы, коэффициент трения, переднее заднее и натяжение. Формула Бахтинова, формула Зибеля. Учет уширения в технологических расчетах.

Тема 5: Напряженно-деформированное состояние при прокатке полосы.

Распределение напряжений и деформаций в объеме металла при прокатке. Схема напряженного состояния. Анализ напряженного состояния прокатываемой полосы. Характеристика напряжений. Схема деформированного состояния. Анализ деформированного состояния прокатываемой полосы. Характеристика деформаций. Распределение деформаций по высоте полосы. Зоны затрудненной деформации. Подпирающее действие сил трения. Классификация процессов прокатки в зависимости от величины фактора формы очага деформации. Прокатка тонких полос. Прокатка полос средней толщины. Прокатка толстых полос. Прокатка особо толстых полос.

Тема 6: Силовые условия при прокатке.

Полное или суммарное усилие при прокатке. Характер распределения давления в очаге деформации. Среднее контактное нормальное напряжение. Контактное давление. Факторы, определяющие механические средства обрабатываемого металла. Факторы, определяющие характер напряженного состояния в очаге деформации. Эпюра распределения удельного усилия по контактной поверхности Факторы, влияющие на сопротивление деформации: температура деформации, скорость и степень деформации. Коэффициент, учитывающий влияние среднего нормального напряжения. Коэффициент, учитывающий влияние внешнего трения, внешних зон и натяжения. Определение контактной площади прокатываемого металла с валками. Контактная площадь при прокатке профилей прямоугольного сечения. Графический, аналитический и графоаналитический способы определения контактной поверхности при прокатке металла в калибрах. Метод приведенной или соответственной полосы. Аналитические формулы для определения контактных площадей при прокатке сортовых профилей. Условия простого процесса прокатки. Направление сил при простом процессе прокатки. Схема действия сил, приложенных к металлу при прокатке. Векторная сумма сил, приложенных от валков к металлу. Скорость деформации при прокатке. Линейная скорость обжатия. Распределение скорости деформации по дуге захвата. Средняя скорость по высоте сечения в любой плоскости очага деформации. Удельный смещенный объем металла. Сопротивление деформации при прокатке. Фактическое сопротивление деформации. Сопротивление деформации при прокатке широких листов. Зависимость механических свойств металла от температуры в интервале с фазовыми превращениями. Влияние деформационного упрочне-

ния на сопротивление деформации. Модуль упрочнения. Приближенный расчет сопротивления деформации при холодной прокатке. Определение сопротивления деформации при горячей прокатке. Условие двумерной деформации при прокатке.

Тема 7: Момент на валу главного двигателя.

Момент на валу двигателя, необходимый для привода валков прокатного стана. Момент прокатки. Момент добавочных сил трения. Момент, требующийся для привода стана во время холостого хода. Динамический момент на валу двигателя. Статический момент. Коэффициент полезного действия прокатного стана. Определение момента прокатки. Коэффициент плеча усилия прокатки. Схема для определения момента прокатки. Определение момента добавочных сил трения. Момент сил трения в подшипниках валков. Момент трения в передаточном механизме стана. Определение момента холостого хода. Особенности расчета момента холостого хода для тонколистовых холоднопрокатных и некоторых других станов. Определение динамического момента при прокатке. Момент инерции вращающихся частей стана, приведенный к валу двигателя. Составляющие момента двигателя для обжимного стана: момент прокатки, динамический момент валков, момент трения в подшипниках, динамический момент шпинделей, динамический момент шестеренных валков, потери на трение в шестеренной клети, динамический момент моторной и коренной муфт, потери в коренной и моторной муфтах, динамический момент якоря двигателя. Определение мощности двигателя. Выбор по моменту на валу двигателя. Диаграмма статической нагрузки для одноклетьевого стана при прокатке одной полосы в пять проходов. Определение номинального момента двигателя из условий предотвращения его перегрева. Выбор двигателя по удельному расходу энергии. График удельного расхода энергии для блюминга слябинга и сортового стана. Нагрузочная диаграмма для реверсивного прокатного стана. Периоды прохода металла через валки: разгон, установившаяся скорость и торможение. Моменты привода при разгоне, установившейся скорости и торможении. Приведенный маховой момент. Нагрузочная диаграмма для реверсивного прокатного стана.

Тема 8: Производительность прокатного стана

Основные факторы, влияющие на производительность прокатных станов. Пропускная способность основного оборудования (рабочих клетей). Теоретическая часовая производительность. Такт прокатки. Характеристики основного и вспомогательного оборудования. Количество и последовательность размещения рабочих клетей. Принятый режим работы стана. Машинное и вспомогательное время. Определение такта прокатки для одноклетьевого реверсивного или с постоянным направлением вращения валков прокатного стана. Машинное время прохода в клети реверсивного стана. Примеры определения производительности прокатных станов. Обжимные станы. Производительность прокатных цехов готового проката. Формула для определения годовая производительности прокатного стана. Основные принципы расчета производительности основного и вспомогательного оборудования. Точность продольной прокатки. Отклонение размеров прокатываемых профилей по толщине, ширине и форме. Продольная разнотолщинность. Поперечная разнотолщинность. Тангенциальная разностенность. Факторы, влияющие на точность геометрических размеров проката. Жесткость упруго – пластической системы рабочая клеть – прокатываемый металл. Режимы прокатки; обусловливающие нагрузки на клеть. Качество изготовления, состояния и обслуживания прокатных станов. Качество подката (колебания размеров, температуры, твердости и т.д.). Основные факторы, влияющие на толщину полосы: нагрузка на клеть перемещение элементов клети. Коэффициент жесткости клети. Продольная разнотолщинность на станах горячей прокатки, на непрерывных и полунепрерывных станах, на станах холодной прокатки. Поперечная разнотолщинность и способы ее определения. Основное уравнение поперечной разнотолщинности. Основное уравнение продольной разнотолщинности. Способы устранения разнотолщинности. Правильный выбор исходного профиля валков. Повышение жесткости клети и валковой системы. Предварительное и регулируемое напряжение клетей. Методы напряжения клетей: методы напряжений узла станин и подушек.

Тема 9: Сущность и основные характеристики процесса волочения.

Схема волочения. Определение волочения и виды полуфабрикатов, получаемых волочением. Сплавы, используемые для волочения. Основные характеристики процесса волоче-

ния. Коэффициент вытяжки. Относительное обжатие. Относительное удлинение. Интегральная (логарифмическая) деформация. Формулы связи показателей деформации. Течение металла при волочении. Методика приготовления образцов. Анализ схемы изменения координатной сетки при волочении круглого прутка через волоку с коническим каналом. Строение деформационной зоны при волочении: упругая зона; пластическая зона. Учет напряжений на границе упругой и пластической зон.

Тема10: Напряженное и деформированное состояние при волочении. Сила и напряжение волочения.

Структура деформационной зоны при волочении. Схема напряженного и деформированного состояния при волочении. Условие пластичности при волочении. Сила волочения. Формула для определения силы волочения. Напряжение волочения: определение и формула. Условие волочения без обрывов. Коэффициент запаса и его величина на разных этапах волочения. Основные факторы, влияющие на силу и напряжение волочения: степень деформации за переход; прочностные свойства протягиваемого металла; геометрия продольного профиля канала волоки; трение на контактных поверхностях деформируемого металла и инструмента; форма конечного и начального поперечных сечений; противонатяжение; вибрация инструмента.

Зависимость напряжения волочения от степени деформации при волочении. Напряжение на границе упругой и пластической зон в канале волоки. Зоны канала волоки. Зависимость напряжения волочения от угла волоки. Интервал оптимальных углов волоки. Свойства смазки и способы ее ввода в канал волоки. Схема волочения с гидродинамической подачей смазки. Коэффициент учета влияния формы профиля на величину контактной поверхности канала волоки. Критическое противонатяжение. Наложение на волочильный инструмент вибрационных колебаний.

Тема 11. Основы проектирования переходов волочения.

Определение перехода волочения. Зависимость числа переходов от соотношения поперечного сечения заготовки и готового изделия, прочностных и пластических характеристик обрабатываемого металла, сложности конфигурации поперечного сечения изделия, вида смазки, способа ее подвода к деформационной зоне, продольного профиля канала волоки и ряда других факторов. Способы оптимизации числа переходов. Рекомендуемые коэффициенты запаса для разного вида продукции. Порядок расчета переходов для однократного волочения: определение оптимальной величины поперечного сечения заданного изделия, определение формы и размеров начального сечения, определение предварительного значения средней вытяжки за переход, определение максимальной суммарной вытяжки между отжигами, предварительный расчет площади поперечных сечений протягиваемого изделия после перехода, расчет для каждого перехода напряжения волочения и коэффициентов запаса. Современные подходы к разработке технологических процессов. Технологические схемы получения изделий из цветных металлов и сплавов, совмещающие получение расплава, последующую кристаллизацию и заключительное формоизменение. Технологии непрерывного прессования (Конформ, Экстроллинг, Лайнекс) и непрерывного литья, прокатки, прессования (Кастекс, Кастер). Перспективы дальнейшего развития технологий прокатки и прессования. Совмещено-комбинированные процессы. Основные направления совершенствования теории волочения.

4.2 Перечень типовых тем курсовых проектов

1. Расчет контактных напряжений и усилий холодной прокатки при получении прутковой арматурной стали диаметром 40 мм.
2. Определение напряжений и деформаций в рабочих валках прокатного стана при получении гладкой стали диаметром 65 мм.
3. Расчет калибров для производства швеллеров и прокатки фасонных профилей.
4. Расчет энергосиловых параметров прокатки в калибрах.
5. Проектирование технологических параметров оборудования прокатного цеха.
6. Расчет расхода валков прокатного стана.
7. Определение основных параметров холодной прокатки листа.

8. Расчет основных составляющих нагрузки привода валков. Момент и мощность прокатки.

9. Расчет температурных условий при горячей прокатке.

10. Определение момента прокатки по величине усилий, действующих на валки и по величине расхода энергии.

11. Определение технологических параметров оборудования процесса прокатки прокатного цеха.

12. Схема нагрева блюмов перед процессом прокатки.

13. Расчет энергосиловых параметров прокатки в калибрах.

14. Определение основных параметров холодной прокатки листа

4.3 Виды самостоятельной работы студентов

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов (СРС)	Трудоёмкость, часов
1	Изучение теоретического материала	14/24*
2	Изучение теоретического материала	14/20*
	Подготовка отчета по практическому занятию	4/4*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
3	Изучение теоретического материала	14/20*
	Подготовка отчета по практическому занятию	4/4*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
4	Изучение теоретического материала	8/14*
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	8/8*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
5	Изучение теоретического материала	12/14*
	Подготовка отчета по практическому занятию	4/4*
	Подготовка к защите отчетов по лабораторным работам	8/8*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
6	Изучение теоретического материала	6/12*
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	8/8*
	Подготовка к защите отчетов по лабораторным работам	8/8*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
7	Изучение теоретического материала	6/16*
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	4/4*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
8	Изучение теоретического материала	8/20*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
9	Изучение теоретического материала	14/26*
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	4/4*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
10	Изучение теоретического материала	14/30*
	Подготовка отчета по практическим занятиям	4/4*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов (СРС)	Трудоёмкость, часов
11	Изучение теоретического материала	17/26*
	Подготовка отчетов по практическим занятиям	4/4*
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	4/4*
	Выполнение индивидуального задания по теме курсового проекта	2/2*
	Итого: **в ч / в ЗЕ** (очное обучение) (очно-заочное обучение)	 **211 / 5,86** **306 / 8,50**

* – для очно-заочной формы обучения

4.4 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Дисциплина базируется на модульной технологии обучения. Лекции предполагают использование мультимедийных презентаций, способствующих более заинтересованному усвоению информации.

Для проведения лабораторных работ и практических занятий используются активные и интерактивные методы, а также решение профессионально-ориентированных задач.

Проведение лабораторных работ и практических занятий направлено на реализацию следующих задач обучения:

– понимание студентами теоретических основ, на которых базируются лабораторные и практические работы, т.е. понимание связи теории и практической деятельности;

– формирование умения самостоятельной работы со специальной, технической, нормативной и справочной литературой;

– формирование интереса к самостоятельному поиску требуемой информации;

– развитие профессионального мышления в ходе подготовки и проведении лабораторных работ;

– формирование навыков самостоятельной работы в рамках изучаемой дисциплины.

Технологии организации самостоятельной работы основываются на использовании учебной и справочной литературы, а также интернет-ресурсов (справочные пособия, лекции-презентации), учебники.

5 Фонд оценочных средств дисциплины

5.1 Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- теоретический опрос для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- промежуточная контрольная работа;
- защита отчётов по лабораторным работам;
- защита отчетов по практическим занятиям;
- курсовой проект.

5.2. Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

а) **Экзамен**

Экзамен по дисциплине устанавливается как форма промежуточной аттестации по дисциплине. Экзамен охватывает содержание дисциплины, изучаемой в течение 6, 7 семестров. Студент допускается к сдаче экзамена, если он выполнил полностью все виды работ, предусмотренные программой дисциплины.

Экзамен проводится по экзаменационным билетам в устной форме. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и расчётное задание (задача).

б) **Дифференцированный зачёт**

Условием допуска до дифференцированного зачёта является выполнение и сдача всех планируемых практических занятий, лабораторных и контрольных работ.

Дифференцированный зачёт по дисциплине «Технология прокатки и волочения» проводится в форме собеседования по материалам дисциплины, изучаемым в 8 семестре.

Дифференцированный зачёт по дисциплине может быть выставлен по итогам проведённого текущего и промежуточного контроля знаний студентов, включая контроль самостоятельной работы студентов при защите отчётов по практическим занятиям и лабораторным работам и защиты курсового проекта.

Фонд оценочных средств входит в состав УМКД на правах отдельного документа.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1 Карта обеспеченности учебно-методической литературой дисциплины

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Направление	Семестры	Кол-во студентов	Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место, изд-во, год издания, кол-во страниц)	Кол-во экз. в библ.	Основной лектор
22.03.02	6, 7, 8	— чел.	**Основная литература** 1. Кучеряев, Б.В. Моделирование процессов и объектов в металлургии. Моделирование и оптимизация процессов листовой прокатки: учеб. пособие / Б.В. Кучеряев, В.Б. Крахт, П.Ю. Соколов. - М.: МИСиС, 2009. - 63 с. 2. Симонов Ю.Н. Основы производства и обработки металлов: уч.-метод. пособие. - Пермь, ПНИПУ, 2011. – 112с.	10 5	
			Дополнительная литература 1.Горячая прокатка листовой стали с технологическими смазками / под ред. В.И. Мелешко. - М.: Металлургия, 1982. - 160 с.	1	
			Электронные ресурсы 1.Орлов, Г. А. Технологические процессы обработки металлов давлением /Г. А. Орлов; науч. ред. В. П. Швейкин; Мин-во образования и науки Рос. Федерации. Урал. федерал. ун-т. — Электрон. версия учебного пособия. — Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2013. — 198 с.: ил. — Режим доступа: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/27009/1/978-5-7996-0887-3.pdf , свободный. 2.Симонов, Ю.Н. Металлургические технологии / Ю.Н. Симонов, С.Л. Белова, М.Ю. Симонов; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т . – Электрон. версия учебного пособия. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. – 305 с. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/view.php?fDocumentId=3466 , свободный 3.Симонов, Ю.Н. Основы производства и обработки металлов : учебно-методическое пособие / Ю.Н. Симонов; Перм. гос. техн. ун-т. – Электрон. версия учебного пособия. - Пермь : изд-во ПГТУ, 2011. - 112 с. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/view.php?fDocumentId=2252, свободный. 4.Прокатка и волочение: лабораторный практикум для студентов / сост.: Е.Б. Ложечников, К.Е. Белявин, М.В. Куда. – Электрон. версия учебного пособия. – Минск: БНТУ, 2009. – 23 с. – Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/13654/%d0%9f%d1%80%d0%be%d0%ba%d0%b0%d1%82%d0%ba%d0%b0%20%d0%b8%20%d0%b2%d0%be%d0%bb%d0%be%d1%87%d0%b5%d0%bd%d0%b8%d0%b5.pdf?sequence=1&isAllowed=y , свободный.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. отделом научной библиотеки _____ И.А. Малофеева

Книгообеспеченность дисциплины составляет:

– основной учебной литературой: на 01.09.2016 - _____ экз/обуч.
(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)

– дополнительной учебной литературой: на 01.09.2016 - _____ экз/обуч.
(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)

6.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. http://window.edu.ru/
2. http://nsportal.ru/vuz

6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

6.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 6.3.1 – Программное обеспечение

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	ЛР, ПЗ	Microsoft Office Профессиональный плюс 2007	42661567	Выполнение ЛР, ПЗ
2	ЛР, ПЗ	КОМПАС-3D V15	1730736493	Выполнение ЛР, ПЗ

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

Не предусмотрены.

7 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1 Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, $м^2$	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	Лаборатория металлургии	Кафедра ТД	103 С	102,14	36
2	Лаборатория металлургии	Кафедра ТД	101 С	68,5	24

7.2 Основное учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1.	Устройство испытательное ТР-5006 (твердомер Роквелла)	1	оперативное управление	103 С
2.	компьютер	1		
3.	печь муфельная ПМ-1,0-20	1		
4.	печь камерная лабораторная ПКЛ-1,2-12	1		
5.	шлифовальный станок 3Е 881	1		
6.	электропечь	1		
7.	шкаф сушильный СНОЛ 3,5	1		
8.	Микроскоп МЕТАМ ЛВ-34	1		
9.	наглядное пособие «Образцы по-операционных заготовок процесса листовой штамповки»	1		101 С
10.	стенд «Профилированная продук-ция из металлопроката»	1		

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	*2*	*3*
1		
2		
3		
4		