

*Приложение 1.1 к ОПОП по специальности
22.02.09 Metallurgy of black metals*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ
ПМ.02 Ведение технологического процесса производства ферросплавов и стали
«профессионального цикла»
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности 22.02.09 Metallurgy of black metals**

Квалификация: техник

Форма обучения
очная на базе основного общего образования

Рабочая программа профессионального модуля «Наименование» разработана на основе: ФГОС по специальности среднего профессионального образования 22.02.09 Metallurgy черных металлов, утвержденного приказом Министерства просвещения Российской Федерации от «10» июля 2025 г. №526

Организация-разработчик: Многопрофильный колледж ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова»

Разработчик:

преподаватель образовательно-производственного центра (кластера)

Многопрофильного колледжа ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Альбина Талгатовна Кунакбаева

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Металлургического производства»

Председатель Шелковникова Оксана
Васильевна

Протокол № 5.1 от «11» февраля 2026г.

Методической комиссией МпК

Протокол № 4 от «18» февраля 2026г.

СОДЕРЖАНИЕ

Добавлено примечание ([М.В.1]): Обновляем только номера страниц

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	4
1.1 Цель и место модуля в структуре образовательной программы	4
1.2 Перечень планируемых результатов освоения профессионального модуля	4
1.3 Обоснование часов профессионального модуля в рамках вариативной части.....	7
1.4 Трудоемкость профессионального модуля	9
2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	10
2.1 Структура профессионального модуля.....	10
2.2 Тематический план и содержание профессионального модуля	12
2.3 Перечень практических и лабораторных занятий	26
3 УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ ..	32
3.1 Материально-техническое обеспечение	32
3.2 Учебно-методическое и информационное обеспечение реализации программы	32
3.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.....	32
4 КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ .	41
4.1 Текущий контроль	41
4.2 Промежуточная аттестация.....	43
Приложение 1 Образовательные технологии.....	60
Приложение 2 Фонд оценочных средств по дисциплине	62
Приложение 3 Методические указания	Ошибка! Закладка не определена.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

1.1 Цель и место модуля в структуре образовательной программы

Рабочая программа профессионального модуля является частью профессионального цикла программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.09 Metallurgy черных металлов. Рабочая программа составлена для очной формы обучения.

Цель профессионального модуля: формирование профессиональных компетенций в области управления технологическими процессами производства стали и ферросплавов, включая контроль параметров плавки в электропечах, обеспечение эффективной эксплуатации технологического оборудования и соблюдение требований качества выпускаемой продукции.

Модуль «наименование модуля» включен в обязательную часть образовательной программы, включая вариативную часть образовательной программы, формируемой под запрос ООО «МРК».

1.2 Перечень планируемых результатов освоения профессионального модуля

Результаты освоения профессионального модуля соотносятся с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представленными в разделе 4 ППССЗ.

Требования к результатам освоения модуля

Код	Наименование вида деятельности и профессиональных компетенций
ВД п	Ведение технологического процесса производства ферросплавов и стали
ПК 2.1.	Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования.
ПК 2.2.	Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали.
ПК 2.3.	Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и стали.
ПК 2.4.	Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали.
ПК 2.5.	Производить оценку качества выпускаемой продукции.

Код	Наименование общих компетенций
ОК 01.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02.	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

В результате освоения профессионального модуля обучающийся:

Индекс и наименование ПК, ОК	Результаты освоения		
	Владеет навыками	Умеет	Знает
ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования.	Н 2.1.1 определение готовности к работе и эксплуатации основного и вспомогательного оборудования	У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях	З 2.1.1 состав, назначение, устройство, конструктивные особенности, принцип действия, правила обслуживания и эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, механизмов, устройств, технологического

			инструмента и оснастки, применяемых на участке выплавки, внепечной обработки и разливки стали
		У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях	З 2.1.2 требования производственной, технологической инструкций к проверке технического состояния и подготовке к работе основного и вспомогательного оборудования, механизмов, устройств, технологического инструмента
		У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта	З 2.1.3 виды, состав и свойства огнеупорных материалов, применяемых для футеровки плавильных агрегатов, сталеразливочных и промежуточных ковшей
ПК 2.2. Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали.	Н 2.2.1 выполнения расчетов параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали	У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы	З 2.2.1 технологические процессы выплавки стали в конвертерах и электропечах, внепечной обработки; основы производства ферросплавов
		У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной	З 2.2.2 физико-химические свойства шихтовых материалов и состав ферросплавов, используемых для легирования стали

		деятельности	
ПК 2.3. Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и стали.	Н 2.3.1 подготовки шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и стали	У 2.3.1 контролировать (визуально и с применением приборов) нормативный уровень запасов шихтовых компонентов для бесперебойного обеспечения ферросплавного и сталеплавильного производства шихтой заданного состава	З 2.3.1 химический состав, назначение и особенности применения шихтовых материалов в производстве стали и ферросплавов
		У 2.3.2 отбирать представительные пробы поступающих на шихтовку исходных материалов и готовой шихты ферросплавного и сталеплавильного производства	З 2.3.3 требования, предъявляемые к химическому и гранулометрическому составу, влажности и температуре отгружаемой шихты и материалов
ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали.	Н 2.4.1 выполнения технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали	У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;	З 2.4.1 требования стандартов и технических условий, порядок отбора проб в соответствии с технологическим процессом;
		У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;	З 2.4.2 взаимосвязь режима технологических процессов и качества продуктов плавки;
		У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;	З 2.4.3 схема технологических маршрутов.
ПК 2.5. Производить оценку качества выпускаемой	Н 2.5.1 оценки качества выпускаемой продукции	У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и	З 2.5.1 технологический процесс выплавки, внепечной обработки и

продукции.		готового продукта	разливки стали
		У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению	З 2.5.2 факторы, влияющие на качество цельнолитой заготовки, особенности затвердевания заготовок, образования корочки слитков различного сечения
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам		Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;	Зо 01.01 актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить;
ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности		Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;	Зо 02.02 современные средства и устройства информатизации, порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности в том числе с использованием цифровых средств;

1.3 Обоснование часов профессионального модуля в рамках вариативной части

Дополнительные профессиональные компетенции	Дополнительные знания, умения, навыки	Номер и наименование темы	Объем часов	Обоснование включения в рабочую программу
-	-	Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере	18	Часы вариативной части отводятся на изучение технологии ООО

				«МРК» и работу в тренажерах-симуляторах печей, установленных на предприятии
-	-	Тема 1.4 Внепечная обработка стали	20	Часы вариативной части отводятся на изучение технологии ООО «МРК» и работу в тренажерах-симуляторах печей, установленных на предприятии
-	-	Тема 1.5 Разливка стали	18	Часы вариативной части отводятся на изучение технологии ООО «МРК» и работу в тренажерах-симуляторах печей, установленных на предприятии
-	-	Тема 2.2 Технология производства стали в электропечах	56	Часы вариативной части отводятся на изучение технологии ООО «МРК» и работу в тренажерах-симуляторах печей, установленных на предприятии
-	-	Тема 3.1 Механическое оборудование конвертерных цехов	10	Часы вариативной части отводятся на изучение технологии ООО «МРК» и работу в тренажерах-симуляторах печей, установленных на предприятии
-	-	Тема 3.2 Механическое оборудование электросталеплавильных печей	14	Часы вариативной части отводятся на изучение технологии ООО «МРК» и работу в тренажерах-

				симуляторах печей, установленных на предприятии
-	-	Тема 3.3 Механическое оборудование внепечной обработки стали	14	Часы вариативной части отводятся на изучение технологии ООО «МРК» и работу в тренажерах-симуляторах печей, установленных на предприятии
-	-	Тема 3.4 Механическое оборудование для разлива стали	16	Часы вариативной части отводятся на изучение технологии ООО «МРК» и работу в тренажерах-симуляторах печей, установленных на предприятии
Всего академических часов профессионального модуля в рамках вариативной части			166	

1.4 Трудоемкость профессионального модуля

Наименование составных частей профессионального модуля	Объем в часах	В т.ч. в форме практической подготовки
Теоретические занятия	172	-
Практические занятия	156	70
Лабораторные занятия	102	102
Самостоятельная работа	42	
Практика, в т.ч.:	864	864
учебная	36	36
производственная	828	828
Промежуточная аттестация	72	*
Всего	1408	1036

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

2.1 Структура профессионального модуля

Индекс ОК/ПК	Наименования разделов профессионального модуля	Формы промежуточной аттестации (семестр)					Объем профессионального модуля, час.									
		Экзамены	Зачеты	Зачет с оценкой	Курсовые проекты	Курсовые работы	Объем ОП, час с	Самостоятельная работа	с преподавателем						Промежуточная аттестация	
									Всего	в том числе						
										в практической подготовке	лекции, уроки	практические занятия	лабораторные занятия	курсовой проект (работа)	Консультации	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01 ОК 02	Раздел 1 Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними	6к					254	21	224	94	88	82	54			9
ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01 ОК 02	Раздел 2 Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними	6 к					128	7	112	36	52	38	22			9
ПК 2.1 ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	Раздел 3 Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали	5к					126	14	94	42	32	36	26			18
ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	Учебная практика		7				36		36	36						

ОК 01 ОК 02																
ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01 ОК 02	Производственная практика		6к 7к				828		828	828						
ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01 ОК 02	Экзамен по профессиональному модулю	7 к					36									36
	Всего	3	3	1			1408	42	1294	1036	172	156	102			72

2.2 Тематический план и содержание профессионального модуля

Наименование разделов и тем профессионального модуля (ПМ), междисциплинарных курсов (МДК)	Содержание учебного материала, практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа, учебная и производственная практика	Объем, акад. ч / в том числе в форме практической подготовки, акад.ч.	Код ПК, ОК	Коды осваиваемых элементов компетенций
1	2	3	4	5
Раздел 1. Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними		197/86		
МДК 02.01 Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними		172/86		
Тема 1.1 Шихтовые материалы сталеплавильного производства	Содержание	32/6		
	1.Металлическая часть шихты. Требования стандартов предприятия на чугун. Влияние примесей чугуна на процесс выплавки стали. Внедоменная десульфурация чугуна. Металлический лом и его свойства. Ферросплавы; классификация, требования по химическому составу. Подготовка металлической части шихты к плавке. Использование металлizedованного сырья в сталеплавильном процессе	8/0	ПК 2.1 ПК 2.3 ПК 2.4 ОК 02	3 2.1.1 3 2.3.3 3 2.4.3 3о 02.02
	2.Неметаллическая часть шихты. Шлакообразующие материалы. Характеристика и требования, предъявляемые к ним. Разжижители и твердые окислители. Характеристика и требования, предъявляемые к ним, в зависимости от типа сталеплавильного процесса. Виды и свойства науглероживателей (карбюризаторы). Устройство и принцип действия оборудования по подготовке сырья для производства стали	6/0	ПК 2.1 ПК 2.3 ПК 2.4 ОК 02	3 2.1.1 3 2.3.3 3 2.4.3 3о 02.02
	3.Огнеупорные материалы, топливо Физико-химические свойства огнеупорных материалов. Классификация огнеупорных материалов по химическому составу, огнеупорности, термостойкости. Условия эксплуатации огнеупоров в сталеплавильных агрегатах.	6/0	ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	3 2.1.2 3 2.1.3 3 2.2.1 3 2.4.2 3 2.4.3

	Виды и свойства топлива. Использование топлива в сталеплавильном производстве.			Зо 01.01
	В том числе практических занятий	6/6		
	Практическое занятие №1. Расчет среднего состава металлошихты	6/6	ПК 2.2 ОК 01	У 2.2.1 У 2.2.2 Уо 01.01
Тема 1.2 Теоретические основы сталеплавильного производства	Содержание	28/0		
	1. Классификация и особенности сталеплавильных процессов. Физико-химические процессы, протекающие в сталеплавильном агрегате. Основные реакции и процессы сталеплавильного производства. Сталеплавильные шлаки. Диаграммы состояния шлаковых систем. Газы в стали. Неметаллические включения в стали. Раскисление и легирование стали.	10/0	ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01	З 2.1.3 З 2.2.1 З 2.2.2 З 2.3.1 З 2.3.3 З 2.4.2 З 2.5.1 Зо 01.01
	В том числе практических занятий	12/0		
	Практическое занятие №2. Анализ содержание нормативной документации, отражающей методы испытаний и оценку структуры стали	6/0	ПК 2.5 ОК 01	У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 01.01
	Практическое занятие №3. Анализ содержание нормативной документации, отражающей маркировку стали	6/0	ПК 2.5 ОК 01	У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 01.01
	Самостоятельная работа	6/0		
	Сравнительная таблица: «Сравнение эндо- и экзотермического окисления»	6/0	ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	У 2.4.1 З 2.4.1 Уо 01.01 Зо 01.01 Уо 02.02 Зо 02.02
	Содержание	76/44		
Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере	1. Технология кислородно-конвертерной плавки. Классификация конвертерных процессов. Технологические операции кислородно-конвертерной плавки (торкретирование, завалка лома, загрузка извести,	8/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5	З 2.2.1 З 2.2.2 З 2.3.1 З 2.3.3

заливка чугуна, продувка, выпуск стали, слив шлака, доводка металла в ковше при выпуске). Процессы окисления примесей конвертерной ванны. Значение и способы отсечки конвертерного шлака. Режимы плавки (дутьевой, шлаковый, температурный). Технологические приемы по ускорению шлакообразования Конвертерные процессы с донной и комбинированной продувкой. Преимущества и недостатки данных процессов, перспективы их развития и пути совершенствования. Сортамент и качество кислородно-конвертерной стали. Требования ГОСТов и ТУ к качеству стали. Причины возможных аварий в конвертерном отделении.		ОК 01	З 2.4.1 З 2.4.2 З 2.4.3 З 2.5.1 Зо 01.01
2. Требования безопасности труда и охраны окружающей среды Анализ опасных и вредных факторов конвертерного производства. Мероприятия по уменьшению и устранению воздействия ОПФ и ВПФ. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Анализ возможных аварийных ситуаций при производстве стали в конвертере Мероприятия по охране окружающей среды	8/0	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	З 2.2.1 З 2.4.1 З 2.4.2 З 2.4.3 Зо 01.01
В том числе практических и лабораторных занятий	56/44		
Практическое занятие №4. Сравнение показателей работы видов кислородного конвертера	6/0	ПК 2.5 ОК 01	У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 01.01
Практическое занятие №5. Определение производительности конвертера	6/0	ПК 2.5 ОК 01	У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 01.01
Практическое занятие №6. Расчет шихты выплавки стали в конвертере	6/6	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	У 2.2.1 У 2.2.2 У 2.4.1 Уо 01.01
Практическое занятие №7. Расчет материального баланса для получения заданной марки стали	8/8	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	У 2.2.1 У 2.2.2 У 2.4.1 Уо 01.01
Практическое занятие №8. Расчет теплового баланса для	6/6	ПК 2.2	У 2.2.1

	получения заданной марки стали		ПК 2.4 ОК 01	У 2.2.2 У 2.4.1 Уо 01.01
	Лабораторное занятие №1. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления кислородного конвертера (мультимедийная программа SIKE)	6/6		
	Лабораторное занятие №2. Работа по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в кислородном конвертере (мультимедийная программа SIKE)	8/8	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 02	У 2.2.2 У 2.4.2 У 2.4.3 Уо 02.02
	Лабораторное занятие №3. Осуществление выплавки стали в кислородном конвертере (мультимедийная программа SIKE)	10/10	ПК 2.3 ПК 2.4 ОК 02	У 2.3.1 У 2.3.2 У 2.4.1 У 2.4.3 Уо 02.02
	Самостоятельная работа	4/0		
	Презентация: «История развития конвертерного производства», «Способы интенсификации процесса», «История развития бессемеровского процесса» и «История развития томасовского процесса»	4/0	ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	У 2.4.1 З 2.4.1 Уо 01.01 Зо 01.01 Уо 02.02 Зо 02.02
Тема 1.4 Внепечная обработка стали	Содержание	50/28		
	1.Технология внепечной обработки. Цель и назначение внепечной обработки стали. Физико-химические процессы, протекающие при внепечной обработке стали. Классификация способов внепечной обработки стали. Обработка жидкой стали инертными газами. Рафинирование стали синтетическими шлаками. Обработка стали вакуумом (циркуляционное, порционное, ковшевое, струйное); преимущества и недостатки различных способов. Нагрев металла на установке «Печь-ковш».	8/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01	З 2.2.1 З 2.2.2 З 2.3.1 З 2.3.3 З 2.4.1 З 2.4.2 З 2.4.3 З 2.5.1 Зо 01.01
	2. Требования безопасности труда и охраны окружающей среды Характеристика технологии внепечной обработки	8/0	ПК 2.2 ПК 2.4	З 2.2.1 З 2.4.1

	стали с точки зрения вредности и опасности. Анализ опасных и вредных факторов. Мероприятия по уменьшению и устранению воздействия ОПФ и ВПФ. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Анализ возможных аварийных ситуаций при проведении внепечной обработки стали на установках УДМ, УВС, УПК. Мероприятия по охране окружающей среды.		ОК 01	З 2.4.2 З 2.4.3 Зо 01.01
	В том числе практических и лабораторных занятий	28/28		
	Практическое занятие №8. Расчет раскисления и легирования металла в ковше	10/10	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	У 2.2.1 У 2.2.2 У 2.4.1 Уо 01.01
	Практическое занятие №10. Расчет модифицирования неметаллических включений	10/10	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	У 2.2.1 У 2.2.2 У 2.4.1 Уо 01.01
	Лабораторное занятие №4. Обработка стали вакуумом (мультимедийная программа SIKE)	8/8	ПК 2.3 ПК 2.4 ОК 02	У 2.3.1 У 2.3.2 У 2.4.1 У 2.4.3 Уо 02.02
	Самостоятельная работа	6/0		
	Сравнительная таблица «Основные методы современных технологий получения стали»	6/0	ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	У 2.4.1 З 2.4.1 Уо 01.01 Зо 01.01 Уо 02.02 Зо 02.02
Тема 1.5 Разливка стали	Содержание	65/22		
	1.Технология непрерывной разливки стали Сравнительная характеристика различных способов разливки. Строение непрерывнолитой заготовки. Температурно–скоростной режим непрерывной разливки. Защита металла от вторичного окисления. Особенности формирования	8/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ОК 01	З 2.2.1 З 2.2.2 З 2.3.1 З 2.3.3 З 2.4.1

	непрерывнолитого слитка при его прохождении через кристаллизатор, зону вторичного охлаждения. Сортамент и размеры получаемых заготовок.			3 2.4.2 3 2.4.3 3о 01.01
	2. Закономерности кристаллизации слитка. Химическая неоднородность стальных слитков и заготовок. Неметаллические включения и газы в слитках и заготовках. Внешние и внутренние дефекты стальных слитков. Особенности кристаллизации стали при переходе на непрерывную разливку. Способы внешних воздействий на кристаллизующийся металл.	6/0	ПК 2.4 ПК 2.5	3 2.4.1 3 2.4.2 3 2.4.3 3 2.5.1 3 2.5.2
	3. Отбор и подготовка образцов для определения химического состава. Требования, предъявляемые к готовой продукции. Способы хранения. Влияние условий хранения на качество готовой продукции. Маркирование продукции в металлургии	6/0	ПК 2.4 ПК 2.5	3 2.4.1 3 2.4.2 3 2.4.3 3 2.5.1 3 2.5.2
	4. Требования безопасности труда и охраны окружающей среды Характеристика технологии разливки стали в изложницы и непрерывной с точки зрения вредности и опасности. Анализ опасных и вредных факторов. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок при разливке стали. Анализ возможных аварийных ситуаций при проведении разливки стали в изложницы и непрерывной. Мероприятия по охране окружающей среды.	6/0	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	3 2.2.1 3 2.4.1 3 2.4.2 3 2.4.3 3о 01.01
	В том числе практических и лабораторных занятий	34/22		
	Практическое занятие №11. Исследование материалов. Анализ связи между структурой сталей и диаграммой состояния железо – цементит	6/0	ПК 2.5 ОК 01	У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 01.01
	Практическое занятие №12. Определение режима отжига, закалки и отпуска стали	6/0	ПК 2.2 ПК 2.5 ОК 01	У 2.2.2 У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 01.01
	Лабораторное занятие №5. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)	6/6	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 02	У 2.2.2 У 2.4.2 У 2.4.3

				Уо 02.02
	Лабораторное занятие №6. Работа по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций на МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)	8/8	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 02	У 2.2.2 У 2.4.2 У 2.4.3 Уо 02.02
	Лабораторное занятие №7. Осуществление разливки стали на МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)	8/8	ПК 2.2 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 02	У 2.2.2 У 2.4.2 У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 02.02
	Самостоятельная работа	5/0		
	Сравнительная таблица «Преимущества недостатки основных способов разливки стали»	5/0	ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	У 2.4.1 З 2.4.1 Уо 01.01 Зо 01.01 Уо 02.02 Зо 02.02
Промежуточная аттестация МДК 02.01 Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними		9		
Раздел 2. Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними		128/36		
МДК 02.02 Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними		112/36		
Тема 2.1 Технология выплавки ферросплавов в электропечах	Содержание	28/12		
	1. Общие сведения о производстве ферросплавов в электропечах. Определение ферросплавов, их назначение. Лигатуры и их свойства. Классификация ферросплавов, способы получения. Исходные материалы для производства ферросплавов и лигатур.	8/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ОК 01	З 2.2.2 З 2.3.1 З 2.3.3 З 2.4.2 Зо 01.01
	2. Физико-химические условия процесса выплавки ферросилиция, ферромарганца, силикомарганца, феррохрома, феррованадия и других ферросплавов. Особенности технологии выплавки ферросплавов.	8/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ОК 01	З 2.2.2 З 2.3.1 З 2.3.3 З 2.4.2 Зо 01.01
	В том числе практических занятий	12/12		

Тема 2.2 производства электропечей	Практическое занятие №13. Расчет количества ферросплавов (ферросилиция, феррохрома или др.)	12/12	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	У 2.2.1 У 2.2.2 У 2.4.1 Уо 01.01
	Содержание	93/24		
	1. Физико-химические процессы при производстве стали в электропечах. Окислительные процессы, протекающие в электропечах. Сущность процесса выплавки стали в электрических печах. Классификация электропечей. Тепловая работа электропечей. Сортамент сталей, выплавляемых в электродуговых печах	10/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01	3 2.2.1 3 2.2.2 3 2.3.1 3 2.3.3 3 2.4.1 3 2.4.2 3 2.4.3 3 2.5.1 3о 01.01
	2. Технология плавки стали в основных и кислых дуговых печах. Шихтовые материалы и загрузка шихты. Периоды плавки: окислительный и восстановительный. Типы технологии электроплавки. Процессы шлакообразования, дефосфорации и десульфурации металла, окисление углерода по ходу плавки; раскисление и легирование.	8/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01	3 2.2.1 3 2.2.2 3 2.3.1 3 2.3.3 3 2.4.1 3 2.4.2 3 2.4.3 3 2.5.1 3о 01.01
	3. Выплавка легированной стали. Особенности технологии выплавки стали в кислых дуговых печах. Одношлаковый и двухшлаковый процессы выплавки стали.	8/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01	3 2.2.1 3 2.2.2 3 2.3.1 3 2.3.3 3 2.4.1 3 2.4.2 3 2.4.3 3 2.5.1 3о 01.01
	4. Роль ДСП в литейном производстве. Шихтовые материалы для литейной ДСП. Особенности ведения плавки под конкретную марку стали. Типичные дефекты	10/0	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4	3 2.2.1 3 2.2.2 3 2.3.1

	плавки и методы их предотвращения		ПК 2.5 ОК 01	З 2.3.3 З 2.4.1 З 2.4.2 З 2.4.3 З 2.5.1 З _о 01.01
	В том числе практических и лабораторных занятий	50/24		
	Практическое занятие №14. Расчет среднего состава металлошихты	6/0	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	У 2.2.1 У 2.2.2 У 2.4.1 У _о 01.01
	Практическое занятие №15. Расчет материального баланса для получения заданной марки стали	10/0	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	У 2.2.1 У 2.2.2 У 2.4.1 У _о 01.01
	Практическое занятие №16. Определение геометрических параметров ДСП	10/0	ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 01	У 2.1.3 У 2.2.1 У 2.2.2 У 2.4.1 У _о 01.01
	Лабораторное занятие №8. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления ДСП-180 (мультимедийная программа SIKE)	8/8	ПК 2.2 ПК 2.4 ОК 02	У 2.2.2 У 2.4.2 У 2.4.3 У _о 02.02
	Лабораторное занятие №9. Работа по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в ДСП-180 т (мультимедийная программа SIKE)	6/6	ПК 2.2 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 02	У 2.2.2 У 2.4.2 У 2.5.1 У 2.5.2 У _о 02.02
	Лабораторное занятие №10. Осуществление выплавки стали в ДСП-180 т (мультимедийная программа SIKE)	10/10	ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 02	У 2.4.1 У 2.4.3 У 2.5.1 У 2.5.2 У _о 02.02

	Самостоятельная работа	7/0		
	Презентация «Неполадки работы электропечей», «История развития процесса производство стали в дуговой сталеплавильной печи» и «Устройство электросталеплавильных печей и организация производства»	7/0	ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	У 2.4.1 З 2.4.1 Уо 01.01 Зо 01.01 Уо 02.02 Зо 02.02
Промежуточная аттестация МДК 02.02 Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними		9		
Раздел 3. Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали		117/50		
МДК 02.03 Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали		106/50		
Тема 3.1 Механическое оборудование цехов	Содержание	22/8		
	Машины для загрузки металлолома и заливки чугуна. Агрегаты для выплавки стали. Механизмы для поворота конвертеров с электро- и гидроприводом. Машины для подачи кислорода в конвертер. Заправочные машины. Торкрет-машины	6/0	ПК 2.1 ПК 2.4 ОК 02	З 2.1.1 З 2.1.2 З 2.4.2 З 2.4.3 Зо 02.02
	В том числе практических и лабораторных занятий	12/8		
	Практическое занятие №17. Расчет основных параметров и размеров кислородного конвертера	4/0	ПК 2.1 ПК 2.4 ОК 01	У 2.1.1 У 2.1.2 У 2.1.3 У 2.4.1 У 2.4.2 У 2.4.3 Уо 01.01
	Лабораторное занятие №11. Изучение оборудования для загрузки сыпучих материалов и ферросплавов в конвертер. (мультимедийная программа SIKE)	2/2	ПК 2.1 ОК 02	У 2.1.1 У 2.1.2 У 2.1.3 Уо 02.02
	Лабораторное занятие №12. Изучение механического оборудования конвертера. (мультимедийная программа SIKE)	4/4	ПК 2.1 ОК 02	У 2.1.1 У 2.1.2 У 2.1.3 Уо 02.02
	Лабораторное занятие №13. Изучение оборудования для ремонта конвертера и оборудования для ломки и кладки	2/2	ПК 2.1 ОК 02	У 2.1.1 У 2.1.2

	футеровки. (мультимедийная программа SIKE)			У 2.1.3 Уо 02.02
	Самостоятельная работа	4/0		
	Презентация «Устройство конверторных цехов и организация производства»	4/0	ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	У 2.4.1 З 2.4.1 Уо 01.01 Зо 01.01 Уо 02.02 Зо 02.02
Тема 3.2 Механическое оборудование электросталеплавильных печей	Содержание	24/8		
	Рабочее пространство современной электропечи. Устройство, обслуживание и эксплуатация электропечей. Печной трансформатор, короткая сеть, графитированных электроды	6/0	ПК 2.1 ПК 2.4 ОК 02	З 2.1.1 З 2.1.2 З 2.4.2 З 2.4.3 Зо 02.02
	В том числе практических и лабораторных занятий	12/8		
	Практическое занятие №18. Изучение оборудования кожуха печи	4/0	ПК 2.1 ОК 02	У 2.1.1 У 2.1.2 У 2.1.3 Уо 02.02
	Лабораторное занятие №14. Изучение механического состава оборудования свода печи (мультимедийная программа SIKE)	4/4	ПК 2.1 ОК 02	У 2.1.1 У 2.1.2 У 2.1.3 Уо 02.02
	Лабораторное занятие №15. Изучение особенностей работы и режимы нагрузки приводов механизмов электропечей.	4/4	ПК 2.1 ОК 02	У 2.1.1 У 2.1.2 У 2.1.3 Уо 02.02
	Самостоятельная работа	6/0		
	Сравнительная таблица «Основные элементы электропечей»	6/0	ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	У 2.4.1 З 2.4.1 Уо 01.01 Зо 01.01 Уо 02.02 Зо 02.02

Тема 3.3 Механическое оборудование для обработки стали	Содержание	24/16		
	Оборудование для внепечной обработки стали. Эксплуатация и ремонт. Установки доводки металла (УДМ): назначение, устройство, принцип работы. Оборудование для рафинирования стали синтетическими шлаками. Установки вакуумирования стали: порционный, циркуляционный, ковшевой вакууматоры: назначение, устройство, принцип работы. Оборудование для обработки стали вдуванием порошкообразных реагентов. Характеристика основных элементов конструкции установки «Печь-ковш» (УПК). Эксплуатация и ремонт оборудования для внепечной обработки стали.	8/0	ПК 2.1 ПК 2.4 ОК 01	З 2.1.1 З 2.1.2 З 2.4.2 З 2.4.3 Зо 01.01
	В том числе практических и лабораторных занятий	16/16		
	Практическое занятие №19. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления установкой «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE)	4/4	ПК 2.1 ОК 02	У 2.1.1 У 2.1.2 У 2.1.3 Уо 02.02
	Практическое занятие №20. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления установкой «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE ЭСПЦ)	6/6	ПК 2.1 ОК 02	У 2.1.1 У 2.1.2 У 2.1.3 Уо 02.02
	Лабораторное занятие №16. Осуществление обработки стали в установке «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE)	6/6	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 02	У 2.2.2 У 2.3.2 У 2.4.1 У 2.4.2 У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 02.02
Тема 3.4 Механическое оборудование для разливки стали	Содержание	34/10		
	Сталеразливочные ковши. Стопорные и шибберные затворы ковшей. Основные типы МНЛЗ. Сталеразливочные стенды. Промежуточные ковши. Кристаллизаторы	8/0	ПК 2.1 ПК 2.4 ОК 02	З 2.1.1 З 2.1.2 З 2.4.2 З 2.4.3 Зо 02.02
	В том числе практических и лабораторных занятий	22/10		

	Практическое занятие №21. Изучение основных участников линий, их назначение и взаимосвязь.	6/0	ПК 2.4 ОК 02	У 2.4.1 Уо 02.02
	Практическое занятие №22. Расчет непрерывной разливки стали на МНЛЗ радиального типа	6/0		
	Практическое занятие №23. Изучение механизмов качания кристаллизатора.	6/6	ПК 2.1 ПК 2.4 ОК 02	У 2.1.1 У 2.4.1 Уо 02.02
	Лабораторное занятие №17. Изучение оборудования непрерывной разливки стали. (мультимедийная программа SIKE)	4/4	ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 02	У 2.2.2 У 2.3.2 У 2.4.1 У 2.4.2 У 2.5.1 У 2.5.2 Уо 02.02
	Самостоятельная работа	4/0		
	Сравнительная таблица «Преимущества и недостатки основных способов разливки стали»	4/0	ПК 2.4 ОК 01 ОК 02	У 2.4.1 З 2.4.1 Уо 01.01 Зо 01.01 Уо 02.02 Зо 02.02
Промежуточная аттестация МДК 02.03 Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали		18		
Учебная практика. Виды работ		36/36		
1. Проверка технического состояния оборудования перед пуском: 2. Выполнение технологических расчетов по производству черных металлов 3. Подготовка металлошихты (лом, переделный чугун, окатыши, агломерат) и флюсов (извести, известняка, плавикового шпата, доломита) 4. Транспортировка и загрузка подготовленных материалов в печь (бункеры, завалочные машины, трубы-тележки) 5. Ведение плавки по заданному режиму 6. Анализ качества готовой продукции			ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ОК 01 ОК 02	Н 2.1.1 Н 2.2.1 Н 2.3.1 Н 2.4.1 Н 2.5.1 Уо 01.01 Уо 02.02
Производственная практика. Виды работ		432/432		
1. Разрабатывает контрольный лист готовности оборудования для передачи смены			ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3	Н 2.1.1 Н 2.2.1 Н 2.3.1

2. Контролирует состояние технологического оборудования в производстве черных металлов		ПК 2.4	Н 2.4.1
3. Выполняет расчеты параметров технологического процесса при производстве черных металлов.		ПК 2.5	Н 2.5.1
4. Выполняет расчеты параметров работы оборудования при производстве черных металлов.		ОК 01	Уо 01.01
5. Выполняет расчеты параметров характеристик исходного сырья и продукции при производстве черных металлов.		ОК 02	Уо 02.02
6. Осуществляет подготовку шихтовых материалов и металлошихты к переработке.			
7. Разрабатывает технологическую карту подготовки шихты для конкретной марки продукции			
8. Ведёт технологический процесс производства черных металлов в соответствии с требованиями технологических инструкций.			
9. Отбирает пробы на анализ, находит причины нарушений технологии и пути их устранения.			
10. Контролирует параметры технологического процесса производства черных металлов			
11. Применяет средства измерений для контроля готовой продукции.			
12. Анализирует и при необходимости корректирует параметры технологического процесса для достижения требуемого качества продукции.			
13. Проводит визуальный осмотр поверхности слитков, слябов, заготовок (отсутствие трещин, плен, раковин)			
14. Составляет карту дефектов для выявленных отклонений (вид, причина, способ устранения)			
Промежуточная аттестация	36/0		
Экзамен по профессиональному модулю			
Всего	1408/1036		

2.3 Перечень практических и лабораторных занятий

Номенклатура практических и лабораторных занятий должна обеспечивать освоение названных в разделе 1.2 рабочей программы умений.

Темы лабораторных и практических занятий	Содержание (краткое описание)	Специализированное оборудование, технические средства, программное обеспечение
МДК 02.01 Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними		
Лабораторные занятия		
Лабораторное занятие №1. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления кислородного конвертера (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по изучению устройства и эксплуатации пульта управления кислородного конвертера	Мультимедийная программа SIKE – «Кислородно-конвертерный цех, машинист дистрибьютера»
Лабораторное занятие №2. Работа по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в кислородном конвертере (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по работе по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в кислородном конвертере	Мультимедийная программа SIKE – «Кислородно-конвертерный цех, машинист дистрибьютера»
Лабораторное занятие №3. Осуществление выплавки стали в кислородном конвертере (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по осуществлению виртуальной выплавки стали в кислородном конвертере	Мультимедийная программа SIKE – «Кислородно-конвертерный цех, машинист дистрибьютера»
Лабораторное занятие №4. Обработка стали вакуумом (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по осуществлению обработки стали вакуумом	Мультимедийная программа SIKE – «Обработка стали на АЦВ»
Лабораторное занятие №5. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по изучению устройства и эксплуатации пульта управления МНЛЗ	Мультимедийная программа SIKE – «Машина непрерывного литья заготовок»

Лабораторное занятие №6. Работа по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций на МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по работе по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций на МНЛЗ	Мультимедийная программа SIKE – «Машина непрерывного литья заготовок»
Лабораторное занятие №7. Осуществление разливки стали на МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по осуществлению виртуальной разливки стали на МНЛЗ	Мультимедийная программа SIKE – «Машина непрерывного литья заготовок»
Практические занятия		
Практическое занятие №1. Расчет среднего состава металлошихты		Не требуется
Практическое занятие №2. Анализ содержание нормативной документации, отражающей методы испытаний и оценку структуры стали	Формирование умений анализировать содержание нормативной документации, отражающей методы испытаний и оценку структуры стали	Не требуется
Практическое занятие №3. Анализ содержание нормативной документации, отражающей маркировку стали	Формирование умений анализировать содержание нормативной документации, отражающей маркировку стали	Не требуется
Практическое занятие №4. Сравнение показателей работы видов кислородного конвертера	Формирование умений по составлению анализа показателей работы видов кислородного конвертера	Не требуется
Практическое занятие №5. Определение производительности конвертера	Формирование умений рассчитывать производительность конвертера	Не требуется
Практическое занятие №6. Расчет шихты выплавки стали в конвертере	Формирование умений по рассчитывать необходимое количество шихты для	Не требуется

	выплавки стали в конвертере	
Практическое занятие №7. Расчет материального баланса для получения заданной марки стали	Формирование умений по рассчитывать материальный баланс для получения заданной марки стали	Не требуется
Практическое занятие №8. Расчет теплового баланса для получения заданной марки стали	Формирование умений по рассчитывать тепловой баланс для получения заданной марки стали	Не требуется
Практическое занятие №9. Расчет раскисления и легирования металла в ковше	Формирование умений по рассчитывать необходимое количество раскислителей и лигатур	Не требуется
Практическое занятие №10. Расчет модифицирования неметаллических включений	Формирование умений по рассчитывать необходимое количество модификаторов неметаллических включений	Не требуется
Практическое занятие №11. Исследование материалов. Анализ связи между структурой сталей и диаграммой состояния железо – цементит	Формирование умений анализировать связи между структурой сталей и диаграммой состояния железо – цементит	Не требуется
Практическое занятие №12. Применение макроскопического анализа для изучения дефектов и строения металлов	Формирование умений по применению макроскопического анализа для изучения дефектов и строения металлов	Не требуется
МДК 02.02 Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними		
Лабораторные занятия		
Лабораторное занятие №8. Изучение устройства и эксплуатации пульта	Формирование умений по изучению устройства и эксплуатации пульта	Мультимедийная программа SIKE – «Электро-сталеплавильный цех, дуговая

управление ДСП-180 (мультимедийная программа SIKE)	управление ДСП-180	сталеплавильная печь»
Лабораторное занятие №9. Работа по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в ДСП-180 т (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по работе по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в ДСП- 180 т	Мультимедийная программа SIKE – «Электро-сталеплавильный цех, дуговая сталеплавильная печь»
Лабораторное занятие №10. Осуществление выплавки стали в ДСП-180 т (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по осуществлению виртуальной выплавки стали в ДСП-180 т	Мультимедийная программа SIKE – «Электро-сталеплавильный цех, дуговая сталеплавильная печь»
Практические занятия		
Практическое занятие №13. Расчет количества ферросплавов (ферросилиция, феррохрома или др.)	Формирование умений по рассчитывать необходимое количество ферросплавов (ферросилиция, феррохрома или др.)	Не требуется
Практическое занятие №14. Расчет среднего состава металлошихты	Формирование умений по рассчитывать средний состав металлошихты	Не требуется
Практическое занятие №15. Расчет материального баланса для получения заданной марки стали	Формирование умений по рассчитывать материальный баланс для получения заданной марки стали	Не требуется
Практическое занятие №16. Расчет теплового баланса для получения заданной марки стали	Формирование умений по рассчитывать тепловой баланс для получения заданной марки стали	Не требуется
МДК 02.03 Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали		
Лабораторные занятия		

Лабораторное занятие №11. Изучение оборудования для загрузки сыпучих материалов и ферросплавов в конвертер. (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по изучению оборудования для загрузки сыпучих материалов и ферросплавов в конвертер.	Мультимедийная программа SIKE – «Кислородно-конвертерный цех, машинист дистрибьютера»
Лабораторное занятие №12. Изучение механического оборудования конвертера. (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по изучению механического оборудования конвертера	Мультимедийная программа SIKE – «Кислородно-конвертерный цех, машинист дистрибьютера»
Лабораторное занятие №13. Изучение оборудования для ремонта конвертера и оборудования для ломки и кладки футеровки. (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по изучению оборудования для ремонта конвертера и оборудования для ломки и кладки футеровки	Мультимедийная программа SIKE – «Кислородно-конвертерный цех, машинист дистрибьютера»
Лабораторное занятие №14. Изучение механического состава оборудования свода печи (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по изучению механического состава оборудования свода печи	Мультимедийная программа SIKE – «Электро-сталеплавильный цех, дуговая сталеплавильная печь»
Лабораторное занятие №15. Изучение особенностей работы и режимы нагрузки приводов механизмов электропечей.	Формирование умений по изучению особенностей работы и режимы нагрузки приводов механизмов электропечей.	Мультимедийная программа SIKE – «Электро-сталеплавильный цех, дуговая сталеплавильная печь»
Лабораторное занятие №16. Осуществление обработки стали в установке «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по осуществлению обработки стали в установке «Печь-ковш»	Мультимедийная программа SIKE – «Агрегат печь – ковш»
Лабораторное занятие №17. Изучение оборудования непрерывной разливки стали. (мультимедийная программа SIKE)	Формирование умений по изучению оборудования непрерывной разливки стали	Мультимедийная программа SIKE – «Машина непрерывного литья заготовок»
Практические занятия		

Практическое занятие №17. Расчет основных параметров и размеров кислородного конвертера	Формирование умений по рассчитывать основные параметры и размеры кислородного конвертера	Не требуется
Практическое занятие №18. Изучение оборудования кожуха печи	Формирование умений изучению оборудования кожуха печи	Не требуется
Практическое занятие №19. Изучение устройства и эксплуатации пульта управление установкой «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE ККЦ)	Формирование умений по изучению устройства и эксплуатации пульта управление установкой «Печь-ковш»	Мультимедийная программа SIKE ККЦ – «Агрегат печь – ковш»
Практическое занятие №20. Изучение устройства и эксплуатации пульта управление установкой «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE ЭСПЦ)	Формирование умений по выполнению работ на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в установке «Печь-ковш»	Мультимедийная программа SIKE ЭСПЦ – «Агрегат печь – ковш»
Практическое занятие №21. Изучение основных участников линий, их назначение и взаимосвязь.	Формирование умений по изучению основных участников линий, их назначение и взаимосвязь.	Не требуется
Практическое занятие №22. Расчет непрерывной разливки стали на МНЛЗ радиального типа	Формирование умений по рассчитывать технологические параметры непрерывной разливки стали на МНЛЗ радиального типа	Мультимедийная программа SIKE ККЦ – «Агрегат печь – ковш»
Практическое занятие №23. Изучение механизмов качания кристаллизатора.	Формирование умений по изучению механизмов качания кристаллизатора.	Не требуется

3 УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

3.1 Материально-техническое обеспечение

Для реализации программы учебной дисциплины предусмотрены следующие специальные помещения:

Зона под вид работ «Лаборатория технологии металлургического производства им. А.М. Бигеева», оснащенная в соответствии с приложением 3 образовательной программы.

Зона под вид работ «Лаборатория производства листового, сортового проката и проволоки им. Г. С. Гуна», оснащенная в соответствии с приложением 3 образовательной программы.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное в соответствии с приложением 3 образовательной программы.

Компьютерный класс, оснащенный в соответствии с приложением 3 образовательной программы.

3.2 Учебно-методическое и информационное обеспечение реализации программы

Основные источники:

1. Основы металлургии : учебник для СПО / В. А. Бигеев, В. М. Колокольцев, М. И. Румянцев [и др.] ; под редакцией В. М. Колокольцев. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 616 с. — ISBN 978-5-507-55904-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/512032>

2. Иванов, И. Н. Организация труда на промышленных предприятиях : учебник для среднего профессионального образования / И. Н. Иванов, А. М. Беляев. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 305 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12300-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/587587>

3. Клим, О. Н. Основы металлургического производства : учебник для среднего профессионального образования / О. Н. Клим. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 168 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13295-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/567277>

4. Ульянов, В. А. Непрерывное литьё заготовок. Кристаллизаторы и зона вторичного охлаждения : учебное пособие / В. А. Ульянов, В. Н. Гушин. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 184 с. — ISBN 978-5-9729-1135-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/346919>

Дополнительные источники:

1. Цымбал, В. П. Новые металлургические технологии : учебник для вузов / В. П. Цымбал, П. А. Сеченов, И. А. Рыбенко ; под общей редакцией В. П. Цымбала. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 257 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20776-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/588996>

2. Технология металлов и сплавов : учебник для среднего профессионального образования / ответственные редакторы А. П. Кушнир, В. Б. Лившиц. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 303 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-11111-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/586774>

3. Беляков, Г. И. Пожарная безопасность: учебник для среднего профессионального образования / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 283 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17690-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/583893>

3.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа является обязательной для каждого обучающегося. Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений обучающихся.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу обучающихся по профессиональному модулю, проходит как в письменной, так и устной или смешанной форме, с представлением изделия или продукта творческой деятельности.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы используются: проверка выполненной работы преподавателем, семинарские занятия, защита творческих работ.

№	Наименование раздела/темы	Оценочные средства (задания) для самостоятельной внеаудиторной работы
1	Раздел 1. Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними Тема 1.2 Теоретические основы сталеплавильного производства	Вид задания: сравнительная таблица «Сравнение эндо- и экзотермического окисления» Текст задания Составьте сравнительную таблицу эндо- и экзотермического окисления по плану Цель: Систематизировать знания о тепловых эффектах реакций окисления и научиться использовать их для регулировки теплового баланса при производстве стали и ферросплавов. Рекомендации по выполнению задания: Повторите термохимию (закон Гесса, энтальпии образования оксидов). Используйте справочники (значения ΔH для SiO_2, MnO, FeO, CO, CO_2). Оформите таблицу с колонками: Признак / Экзотермическое / Эндотермическое. Для эндотермических процессов приведите реакции восстановления оксидов (например, $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO} - 172 \text{ кДж}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C} = 2\text{FeO} + \text{CO} - 155 \text{ кДж}$). Укажите конкретные технологические приёмы: добавка кремния – разогрев, ввод кокса – охлаждение/восстановление. Сделайте вывод о том, как оператор плавки использует эти реакции. Критерии оценки: Полнота таблицы (все колонки, ≥ 3 примеров на тип) Правильность уравнений и тепловых эффектов Глубина анализа влияния на тепловой баланс Аргументированный вывод с привязкой к технологии Аккуратность оформления, источники
2	Раздел 1. Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере	Вид задания: выполнение презентации по заданной теме Текст задания Выберите одну из тем: История развития конвертерного производства; Способы интенсификации процесса; История развития бессемеровского процесса; История развития томасовского процесса. Подготовьте презентацию (10–15 слайдов), в которой необходимо: – отразить хронологию ключевых событий и технических решений; – указать основных изобретателей и их вклад; – описать технологические особенности (для интенсификации – перечислить методы: кислородное дутьё, порошковые реагенты, комбинированное дутьё и др.);

		– показать преимущества и недостатки каждого этапа/способа; – сделать вывод о значении рассмотренного процесса для современной металлургии. Цель: Изучить исторические и технические аспекты развития конвертерных процессов, научиться структурировать информацию и выделять ключевые этапы эволюции технологии. Рекомендации по выполнению задания: Используйте учебники по металлургии, исторические обзоры, статьи. Структура презентации: титульный слайд, введение (актуальность), основная часть (по этапам), сравнительные характеристики (если применимо), выводы, список источников. Минимум текста на слайдах – основная информация в виде тезисов, схем, таблиц. Обязательно используйте изображения (фотографии оборудования, портреты изобретателей). Соблюдайте единый стиль оформления, читаемый шрифт (кегль не менее 24 для заголовков, 18 для текста). Подготовьте устное выступление на 5–7 минут (если требуется защита). Критерии оценки: Содержание – полнота раскрытия темы, точность фактов. Структура – логичность построения, наличие всех обязательных разделов. Оформление – визуальное качество, читаемость, использование иллюстраций. Выводы – аргументированность и связь с современностью. Источники – наличие списка литературы (не менее 3 источников).
3	Раздел 1. Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними Тема 1.4 Внепечная обработка стали	Вид задания: сравнительная таблица «Основные методы современных технологий получения стали» Текст задания Составьте сравнительную таблицу, в которой сопоставьте не менее 3–4 методов производства стали (например: кислородно-конвертерный, электросталеплавильный (ДСП), мартеновский – как классический, прямого восстановления с последующей плавкой). Сравните их по следующим параметрам: – используемое сырьё (чугун, лом, окатыши); – источник энергии (химическая теплота, электроэнергия, природный газ); – способ подвода тепла / окислителя (продувка кислородом, электрическая дуга, пламя); – тип шлака и его роль; – качество получаемой стали (по чистоте, содержанию примесей); – производительность, удельные затраты; – экологические особенности (выбросы, утилизация отходов). В конце таблицы сформулируйте вывод о преимуществах и недостатках каждого метода и области их применения в современной металлургии.

		Цель: Систематизировать знания о современных промышленных способах получения стали, развить навыки сравнительного анализа технологических схем и обоснования выбора метода для конкретных условий производства. Рекомендации по выполнению задания: Повторите материал по теме (учебники по металлургии, лекции, технологические схемы). Используйте справочные данные по расходным коэффициентам, температуре, составам. Оформите таблицу в любой форме, но обязательно включите все указанные параметры. Для каждого метода укажите хотя бы одну цифровую характеристику (например, удельный расход электроэнергии, длительность плавки, выход годного). В выводе отразите, какой метод предпочтителен для разных видов продукции (массовые марки стали, высоколегированные, спецстали). Список литературы – не менее 2–3 источников. Критерии оценки: 1. Полнота таблицы – представлены все указанные методы и все параметры сравнения 2. Корректность цифровых данных и технологических описаний 3. Логичность и глубина вывода – обоснование областей применения методов 4. Наличие сравнительного анализа (не просто описание, а сопоставление) 5. Качество оформления, наличие ссылок на источники
4	Раздел 1. Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними Тема 1.5 Разливка стали	Вид задания: сравнительная таблица «Преимущества недостатки основных способов разливки стали» Текст задания Составьте сравнительную таблицу, в которой сопоставьте не менее 3 способов разливки стали, например: разливка в изложницы (слитковая) – верховая и сифонная (можно объединить как один способ, но указать подвиды); непрерывная разливка (МНЛЗ) – для сортовых, слябовых и блюмовых заготовок; полунепрерывная разливка (или центробежное литьё – по желанию). Сравните их по следующим критериям: – качество поверхности и макроструктуры слитка/заготовки; – выход годного металла (коэффициент использования); – энергозатраты и расход вспомогательных материалов; – производительность (скорость разливки, тоннаж в смену); – капитальные затраты и сложность оборудования; – гибкость (возможность смены марок и размеров); – экологические аспекты (выбросы, утилизация шлака). По результатам заполнения таблицы сформулируйте вывод: для каких видов продукции (массовый прокат, ответственные детали, специальные стали) предпочтителен каждый способ, и обоснуйте выбор.

		Цель: Научиться анализировать технико-экономические и технологические характеристики разливочного оборудования, обосновывать выбор оптимального способа разлива для конкретных условий производства и требований к качеству металла. Рекомендации по выполнению задания: Повторите лекционный материал по разливочным агрегатам, ознакомьтесь со схемами работы изложниц и МНЛЗ. Используйте справочники по сталеплавному производству, данные о расходных коэффициентах. В таблице укажите конкретные цифры (например, выход годного у изложниц – $\approx 85\text{--}90\%$, у МНЛЗ – $\approx 95\text{--}98\%$; скорость разлива, время от начала до конца). Подчеркните, что преимущества МНЛЗ – высокая производительность и качество, недостатки – ограниченный сортамент и большие начальные вложения. Для разлива в изложницы отметьте простоту и гибкость, но низкий выход годного из-за обреза головной и донной частей. Оформите таблицу аккуратно, обязательно укажите список источников (не менее 3). Критерии оценки: 1. Полнота – представлены все указанные способы и все обязательные критерии сравнения 2. Корректность – верные цифровые данные, точные описания преимуществ/недостатков 3. Анализ – не просто перечисление, а сопоставление с обоснованием («этот способ лучше там-то, потому что...») 4. Вывод – аргументирован, содержит рекомендации по применению способов для разных условий 5. Оформление и источники – читаемость, структура, ссылки на литературу (минимум 3 источника)
5	Раздел 2. Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними Тема 2.2 Технология производства стали в электропечах	Вид задания: выполнение презентации по заданной теме Презентация (выберите одну из трёх тем): «Неполадки работы электропечей»; «История развития процесса производства стали в дуговой сталеплавильной печи»; «Устройство электросталеплавильных печей и организация производства». Текст задания Подготовьте презентацию (10–15 слайдов), в которой необходимо: – раскрыть содержание темы с акцентом на ключевые аспекты (для неполадок – виды, причины, методы устранения; для истории – хронология, изобретатели, этапы; для устройства – конструктивные узлы, их функции, схема работы и организация производственного цикла); – использовать схемы, фотографии, таблицы для наглядности; – показать практическую значимость рассматриваемых вопросов для оператора печи; – сформулировать выводы и рекомендации (для неполадок – как их

		предотвращать; для истории – связь с современностью; для устройства – влияние на эффективность работы); – в конце представить список использованных источников (не менее 3). Цель: Систематизировать и углубить знания по одному из актуальных направлений электросталеплавильного производства, развить навыки самостоятельного поиска информации и её визуализации, а также умения выделять главное и формулировать практические выводы. Рекомендации по выполнению задания: Изучите учебную литературу, статьи, технические руководства по ДСП (дуговым сталеплавильным печам). Структурируйте материал: титульный слайд, введение (актуальность), основная часть (разбитая на подтемы), заключение, источники. Минимум текста, максимум визуализации (фотографии узлов, схемы электрических цепей, графики неполадок). Для темы «Неполадки» – перечислите типичные отказы (обрыв электродов, пробой футеровки, выход из строя трансформатора), укажите признаки и способы оперативного реагирования. Для темы «История» – отметьте вклад Сименса, Эру, и др., сравните старые и современные печи. Для темы «Устройство» – подробно опишите механизмы перемещения электродов, систему охлаждения, футеровку, электрооборудование, а также организацию смены, техобслуживания. Объём презентации – строго до 15 слайдов; выступление – до 7 минут. Критерии оценки: 1. Полнота раскрытия темы (все ключевые аспекты) 2. Наличие схем, иллюстраций, таблиц – наглядность 3. Логичность структуры и связность изложения 4. Практическая направленность (выводы, рекомендации) 5. Качество оформления и список источников (≥ 3)
6	Раздел 3. Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали Тема 3.1 Механическое оборудование конвертерных цехов	Вид задания: Презентация «Устройство конверторных цехов и организация производства» Текст задания Подготовьте презентацию (10–15 слайдов), в которой необходимо отразить: – генеральную планировку конвертерного цеха (расположение основного оборудования – конвертеры, разливочные пролёты, шихтовый двор, отделение газоочистки); – конструкцию и принцип работы основного агрегата (конвертер с поворотным механизмом, система подачи кислорода, фурмы); – вспомогательное оборудование (завалочные машины, краны, миксеры для чугуна, системы управления); – организацию производства (сменные графики, взаимодействие с доменным и прокатным цехами, контроль качества и техническое обслуживание);

		– обязательные меры безопасности и экологические аспекты (газоочистка, утилизация шлака, защита персонала от выбросов). В конце – вывод о роли конвертерного цеха в общей технологической цепочке металлургического комбината и перспективах его модернизации. Цель: Сформировать целостное представление о структуре и работе конвертерного передела, научиться соотносить устройство цеха с технологическим процессом и требованиями безопасной и эффективной эксплуатации. Рекомендации по выполнению задания: Используйте материалы учебников по организации сталеплавильных цехов, а также реальные схемы конвертерных цехов (например, Магнитогорского или Череповецкого комбинатов). Постройте структуру: титульный слайд, план цеха (схема), описание основных узлов, организация работы, охрана труда, выводы. Визуализируйте: план цеха с обозначениями, фотографии конвертеров, газоочисток, пультов управления. Опишите процессы подготовки шихты, завалки, продувки, выпуска и разливки, увязывая их с расположением оборудования. Для организации производства укажите суточный график, сменное задание, роль мастеров и операторов. Список источников – не менее 3 (книги, статьи, сайты предприятий). Критерии оценки: 1. Полнота раскрытия темы (устройство цеха, оборудование, организация) 2. Наличие наглядных материалов (схемы, планы, фотографии) 3. Логика изложения и структура (взаимосвязь оборудования с процессом) 4. Практическая направленность – учёт безопасности, организации работы, рекомендации 5. Качество оформления и наличие списка источников (≥ 3)
7	Раздел 3. Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали Тема 3.2 Механическое оборудование электросталеплавильных печей	Вид задания: Сравнительная таблица «Основные элементы электропечей» Текст задания: составьте сравнительную таблицу, в которой сопоставьте основные конструктивные элементы (узлы) не менее 3 типов электропечей, например: – дуговая сталеплавильная печь (ДСП) – для выплавки стали; – рудно-термическая печь (РТП) – для ферросплавов; – индукционная тигельная печь (ИЧТ) – для спецсталей. Сравнение выполните по следующим элементам (не менее 5–6 позиций): – футеровка (материал, назначение, срок службы); – электродная система (тип электродов, способ их перемещения/замены); – источник нагрева (дуга, джоулево тепло, индукция); – система охлаждения (водяная, воздушная, испарительная);

		– механизмы загрузки шихты (сверху, через окна, автоматическая); – система управления и автоматики (степень автоматизации). Для каждого элемента укажите конструктивные особенности и принцип работы, а также отметьте различия между печами. В конце таблицы сделайте вывод: какие элементы универсальны для всех печей, а какие строго специфичны для конкретного типа, и как это влияет на технологические возможности. Цель: Систематизировать знания об устройстве электросталеплавильных агрегатов, развить навыки инженерного сравнения оборудования и понимания взаимосвязи конструкции с технологическим процессом. Рекомендации по выполнению задания: Используйте учебные пособия по электротермическому оборудованию, схемы и чертежи печей. Заполните таблицу по столбцам: «Элемент / Узел» → «ДСП» → «РТП» → «ИЧТ» (или другой выбранный тип). По каждому элементу дайте конкретные характеристики: материал футеровки (магнезит, хромомagneзит, углеродистые блоки), тип электродов (графитированные, самоспекающиеся), диапазон мощностей и пр. Укажите также общие элементы (например, трансформатор, водоохлаждаемые панели) и их отличия в исполнении. Критерии оценки: 1. Полнота – представлены все указанные типы печей и все обязательные элементы сравнения 2. Корректность – верное описание конструктивных особенностей, точные данные 3. Анализ – не просто перечисление, а сопоставление с выделением сходств и различий 4. Вывод – аргументирован, содержит практическое значение выявленных различий
7	Раздел 3. Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали Тема 3.4 Механическое оборудование для разливки стали	Вид задания: Сравнительная таблица «Преимущества и недостатки основных способов разливки стали» Текст задания: Составьте сравнительную таблицу, в которой сопоставьте не менее трёх основных способов разливки стали: – разливка в изложницы (слитковая) с подразделением на верхнюю и сифонную (можно представить как один способ с двумя вариантами, либо выбрать один из них); – непрерывная разливка на МНЛЗ (машинах непрерывного литья заготовок) – разделив на сортовую, слябовую или блюмовую (по выбору); – альтернативный способ (по желанию – центробежное литьё, полунепрерывная разливка или разливка на установках «печь-ковш»). Сравнение проведите по следующим обязательным параметрам (не менее 6–7 позиций): – Качество металла

	– Выход годного – Производительность – Энергозатраты и расход материалов – Капитальные вложения – Гибкость сортамента – Экология и безопасность Цель: Систематизировать знания о современных способах разливки, развить навыки инженерного анализа и обоснованного выбора технологического оборудования в зависимости от требований к качеству, производительности и экономической эффективности. Рекомендации по выполнению задания: Подготовительный этап Повторите лекционный материал по разливочным агрегатам, изучите принципиальные схемы изложниц и МНЛЗ. Используйте учебники по сталеплавному производству (например, Воскобойников В.Г. и др. «Общая металлургия»), а также технико-экономические справочники. Обратите внимание на реальные показатели отечественных и зарубежных заводов (данные можно найти в открытых публикациях). Структура таблицы Рекомендуется вертикальная форма: Строки – параметры сравнения (качество, выход, производительность и т.д.). Столбцы – способы разливки. Критерии оценки: 1. Полнота – представлены все указанные типы печей и все обязательные элементы сравнения 2. Корректность – верное описание конструктивных особенностей, точные данные 3. Анализ – не просто перечисление, а сопоставление с выделением сходств и различий 4. Вывод – аргументирован, содержит практическое значение выявленных различий
--	---

4 КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Контроль и оценка результатов освоения профессионального модуля осуществляется преподавателем в процессе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Формой промежуточной аттестации по профессиональному модулю является экзамен по профессиональному модулю.

4.1 Текущий контроль

Контролируемые результаты (ПК, ОК)	Наименование оценочного средства	Критерии оценки
МДК.02.01 Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними		
ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования. ПК 2.2. Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали. ПК 2.3. Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и стали. ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали. ПК 2.5. Производить оценку качества выпускаемой продукции. ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Практические задания и лабораторные работы	См. ниже
МДК.02.02 Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними		
ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования. ПК 2.2. Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали. ПК 2.3. Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и стали. ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и	Практические задания и лабораторные работы	См. ниже

выплавке стали. ПК 2.5. Производить оценку качества выпускаемой продукции. ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности		
МДК.02.03 Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали		
ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования. ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали. ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Практические задания и лабораторные работы	См. ниже
УП.02 Учебная практика		
ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования. ПК 2.2. Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали. ПК 2.3. Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и стали. ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали. ПК 2.5. Производить оценку качества выпускаемой продукции. ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Отчет по практике	См. ниже

ПП.02 Производственная практика		
ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования. ПК 2.2. Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали. ПК 2.3. Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и стали. ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали. ПК 2.5. Производить оценку качества выпускаемой продукции. ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Отчет по практике	См. ниже

Критерии оценки практического задания:

«5» (отлично): выставляется студенту, если расчетная и графическая части выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«4» (хорошо): выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

«3» (удовлетворительно): выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, если работа не выполнена.

Критерии оценки лабораторного занятия:

«5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (неудовлетворительно): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

4.2 Промежуточная аттестация

Код	Структурный элемент профессионального модуля	Форма промежуточной аттестации	Семестр
МДК.02.01	Ведение технологических процессов	Экзамен	6

	производства стали и контроль за ними		
МДК.02.02	Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними	Зачет с оценкой	6
МДК.02.03	Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали	Экзамен	5
УП.02	Учебная практика	Зачет	7
ПП.02	Производственная практика	Зачет	6,7

4.2.1 Оценочные средства для зачета, экзамена по МДК, практике

Результаты обучения (ПК, ОК)	Оценочные средства для промежуточной аттестации
МДК.02.01 Ведение технологических процессов производства стали и контроль за ними	
ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 2.3. ПК 2.4. ПК 2.5. ОК 01. ОК 02.	Контрольные вопросы: 1. Назовите основные и вредные примеси в стали. Какое влияние они оказывают на качество металла? 2. Что такое раскисление стали? Какие раскислители применяются и каков принцип их действия? 3. Какие существуют способы раскисления? Дайте характеристику спокойной, кипящей и полуспокойной стали. 4. Сущность конвертерного процесса. Какие разновидности конвертерных процессов вы знаете? 5. Преимущества и недостатки кислородно-конвертерного способа производства стали. 6. Устройство конвертера и принцип его работы. 7. Роль кислородного дутья в конвертерном процессе. Какие режимы продувки существуют? 8. Что такое «передувка» конвертерной плавки и к каким последствиям она приводит? 9. Сущность электросталеплавильного процесса. 10. Типы электропечей, применяемых в сталеплавильном производстве (ДСП, РТП, индукционные печи). 11. Устройство дуговой сталеплавильной печи (ДСП): основные узлы, футеровка, электродная система. 12. Преимущества и недостатки производства стали в электропечах по сравнению с конвертерным. 13. Какие марки сталей целесообразно выплавлять в электропечах и почему? 14. Какие способы разливки стали существуют? 15. Сущность разливки стали в изложницы (верховая и сифонная). 16. Что такое МНЛЗ (машина непрерывного литья заготовок)? Принцип её работы. 17. Преимущества и недостатки непрерывной разливки стали. 18. Строение стального слитка. Зоны кристаллизации. 19. Основные дефекты слитков и способы их предотвращения. 20. Какие методы контроля качества стали применяются в процессе производства? (химический анализ, температурный контроль, контроль газовой фазы). 21. Перечислите основные нормативные документы (ГОСТы, ТУ), регламентирующие качество стали.

	22. Какие требования охраны труда и промышленной безопасности предъявляются к сталеплавильному производству? Типовое задание 1 Рассчитайте количество шихтовых материалов (стальной лом, чушковый чугун, ферросплавы) для выплавки 500 т стали марки СтЗпс в кислородном конвертере, если известны химический состав готовой стали и содержание элементов в шихте. Задание: Составить материальный баланс плавки. Определить расход кислорода на продувку. Рассчитать необходимое количество извести для наведения основного шлака. 2 В процессе выплавки стали в ДСП температура металла превысила заданную на 30°C. Ванна «кипит» слишком интенсивно. Задание: Предложите способы снижения температуры до заданной. Объясните, какие технологические операции необходимо выполнить и в какой последовательности. Оцените возможное влияние перегрева на качество стали. 3 На поверхности стального слитка, отлитого в изложницу, обнаружены продольные трещины и плёны. Задание: Назовите возможные причины появления данных дефектов. Предложите меры по их предотвращению. Укажите, в каких случаях такой слиток может быть отправлен в переплав, а в каких – подлежит браковке. 4 Производится разливка низколегированной стали на МНЛЗ. Скорость вытягивания заготовки – 1,2 м/мин. Начал наблюдаться «прорыв» металла в кристаллизаторе. Задание: Какие параметры необходимо скорректировать (скорость, уровень металла, расход воды)? Опишите последовательность действий оператора МНЛЗ при угрозе прорыва. Объясните, почему скорость вытягивания является критическим параметром для данного процесса. 5 Вы – мастер сталеплавильного цеха. По окончании плавки в конвертере экспресс-анализ показал, что содержание серы (S) в металле превышает допустимое значение для заказанной марки стали. Задание:
--	---

	Какие технологические причины могли привести к повышенному содержанию серы? Предложите варианты действий: можно ли исправить ситуацию в ковше (внепечная обработка) или требуется повторная плавка? Какие мероприятия вы внедрите в цехе, чтобы впредь не допускать подобного брака? Критерии оценки ответа: «Отлично» – полный, развёрнутый ответ на теоретический вопрос, верное решение практического задания с обоснованием, уверенная защита. «Хорошо» – ответ на теоретический вопрос с незначительными неточностями, практическое задание решено верно, но допущены небольшие погрешности в обосновании. «Удовлетворительно» – теоретический вопрос раскрыт поверхностно, практическое задание выполнено с ошибками, защита неуверенная. «Неудовлетворительно» – отсутствие ответа на теоретический вопрос и/или невыполнение практического задания.
МДК.02.02 Ведение технологических процессов производства стали и ферросплавов в электропечах и контроль за ними	
ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 2.3. ПК 2.4. ПК 2.5. ОК 01. ОК 02.	Контрольные вопросы: 1. Дайте определение электросталеплавному производству. В чём его преимущества и недостатки по сравнению с конвертерным и мартеновским способами? 2. Классификация электроплавильных печей. Принцип действия и преобразование электрической энергии в тепловую. 3. Какие типы электропечей применяются для выплавки стали, а какие – для ферросплавов? В чём их принципиальные различия? 4. Назовите основные марки сталей и ферросплавов, выплавляемых в электропечах. 5. Роль электроэнергии в технологическом процессе. Что такое удельный расход электроэнергии и от чего он зависит? 6. Сущность окислительных и восстановительных процессов, протекающих в электропечах. 7. Какие задачи решаются в окислительный период плавки? 8. Какие задачи решаются в восстановительный период плавки? 9. Что такое раскисление стали? Какие раскислители (ферросплавы) применяются в электропечах и каков принцип их действия? 10. Процессы легирования стали. Какие легирующие элементы и в виде каких ферросплавов вводятся в сталь? 11. Влияние температуры и шлакового режима на ход физико-химических реакций. 12. Понятие о тепловом эффекте химических реакций (экзо- и эндотермические процессы) при выплавке стали. 13. Устройство дуговой сталеплавильной печи (ДСП): основные узлы, кожух, футеровка, подина, свод, механизм наклона. 14. Электродная система ДСП: типы электродов (графитированные, угольные), механизм перемещения и замены электродов. 15. Технологическая инструкция по выплавке стали в ДСП: основные

	операции (заправка печи, завалка шихты, расплавление, окислительный период, восстановительный период, выпуск). 16. Способы интенсификации плавки в ДСП: применение кислородных горелок, продувка кислородом, использование химической энергии. 17. Источники поступления кислорода в ДСП при выплавке стали. 18. Особенности выплавки качественных и специальных сталей в ДСП. 19. Контроль температурного режима в ДСП. Методы измерения температуры металла. 20. Что такое ферросплавы? Их классификация и назначение (раскисление, легирование). 21. Какие ферросплавы производятся в электропечах? Основные виды (ферросилиций, ферромарганец, феррохром и др.). 22. Технология выплавки ферросилиция в рудно-термической печи (шихтовые материалы, восстановительный процесс, режим). 23. Особенности контроля технологического процесса при выплавке ферросплавов (управление мощностью, дозировка шихты). 24. Основные опасные факторы при работе на электропечах (высокая температура, электрический ток, расплавленный металл, газы). 25. Экологические аспекты производства ферросплавов: утилизация пылегазовых выделений, охрана окружающей среды. Типовое задание 1 Рассчитайте количество шихтовых материалов (стальной лом, чушковый чугун, ферросплавы) для выплавки 100 т стали марки 40Х в дуговой сталеплавильной печи. Известен химический состав готовой стали и содержание элементов в шихте. Задание: Составить материальный баланс плавки. Рассчитать необходимое количество ферросплавов для легирования (например, феррохрома и ферросилиция). Определить расход электроэнергии на плавку, исходя из удельного расхода. 2 В процессе выплавки стали в ДСП наблюдается повышенный расход электродов и нестабильное горение дуги (частые обрывы и короткие замыкания). Задание: Назовите возможные причины нестабильной работы дуги (положение электродов, состояние шихты, электрический режим). Предложите меры по стабилизации электрического режима (регулировка напряжения, силы тока, длины дуги). Опишите последовательность действий оператора при коротком замыкании на установке. 3 Вы – мастер ферросплавного цеха. В рудно-термической печи (РТП) выплавляется ферросилиций ФС75. Анализ показал, что содержание кремния в готовом сплаве ниже заданного (вместо 75% – 68%). Задание: Назовите возможные технологические причины снижения содержания кремния (недостаток восстановителя, нарушение температурного режима, качество шихты). Предложите способы корректировки процесса (добавка восстановителя,
--	---

	изменение мощности печи). Какие меры вы предпримете, чтобы впредь не допускать такого брака? 4 При осмотре дуговой сталеплавильной печи обнаружены следующие неполадки: местное выкрашивание футеровки подины; повышенный износ графитированных электродов; течь в водоохлаждаемой панели свода. Задание: Для каждой неполадки назовите возможные причины. Предложите способы устранения и ремонта (заправка футеровки, замена электродов, ремонт панели). Составьте план первоочередных действий для обеспечения безопасной остановки печи. 5 Дуговая сталеплавильная печь мощностью 50 МВА выплавляет сталь с удельным расходом электроэнергии 450 кВт·ч/т. Время плавки составляет 2 часа. Задание: Рассчитайте производительность печи (т/час и т/сутки). Определите расход электроэнергии на одну плавку, если завалка шихты – 80 т. Как изменится производительность при снижении удельного расхода электроэнергии до 420 кВт·ч/т? Критерии оценки ответа: «Отлично» – полный, развёрнутый ответ на теоретический вопрос, верное решение практического задания с обоснованием, уверенная защита. «Хорошо» – ответ на теоретический вопрос с незначительными неточностями, практическое задание решено верно, но допущены небольшие погрешности в обосновании. «Удовлетворительно» – теоретический вопрос раскрыт поверхностно, практическое задание выполнено с ошибками, защита неуверенная. «Неудовлетворительно» – отсутствие ответа на теоретический вопрос и/или невыполнение практического задания.
МДК.02.03 Технологическое оборудование производства ферросплавов и стали	
ПК 2.1. ПК 2.4. ОК 01. ОК 02.	Контрольные вопросы: 1. Дайте классификацию сталеплавильных агрегатов по способу нагрева и типу применяемой энергии. 2. Перечислите основное и вспомогательное оборудование сталеплавильного цеха. Какова его роль в технологической цепочке? 3. Какие требования предъявляются к шихтовым материалам и оборудованию для их подготовки (дробилки, грохоты, дозаторы)? 4. Назовите основные грузопотоки сталеплавильного производства и оборудование, обеспечивающее их перемещение. 5. Что такое миксер и для каких целей он применяется в сталеплавильном производстве? 6. Устройство кислородного конвертера: кожух, футеровка, механизм наклона. Принцип работы.

	7. Система подачи кислорода в конвертер: фурмы, их конструкция и способы охлаждения. 8. Оборудование для загрузки шихты в конвертер (завалочные машины, системы дозирования сыпучих материалов). 9. Какое оборудование используется для отвода и очистки газов в конвертерном цехе? 10. Классификация электропечей. Основные типы, применяемые для производства стали и ферросплавов. 11. Устройство дуговой сталеплавильной печи (ДСП): кожух, футеровка, подина, свод, механизм наклона. 12. Водоохлаждаемые элементы ДСП: стеновые панели, сводовые панели. Их назначение и конструкция. 13. Электродная система ДСП: типы электродов (графитированные, угольные), механизмы их зажима и перемещения. 14. Электрооборудование дуговой печи: печной трансформатор, система управления мощностью, электрический режим работы. 15. Назначение и устройство сталеразливочного ковша. Конструкция шибера затвора. 16. Оборудование для внепечной обработки стали: установки доводки металла (УДМ), вакууматоры, установки продувки инертными газами. 17. Назначение и устройство изложниц. Виды изложниц (сквозные, глухонные, составные). 18. Устройство машин непрерывной разливки стали (МНЛЗ): кристаллизатор, зона вторичного охлаждения, тянуще-правильный агрегат. 19. Оборудование для резки и транспортировки непрерывнолитых заготовок (летучие ножницы, газовые резательные машины, рольганги). 20. Механизмы загрузки шихты в электропечи (завалочные машины, тельферы, бункерные весы). 21. Грузоподъемное оборудование сталеплавильных цехов: мостовые краны, их классификация и устройство. 22. Оборудование для дозирования и подачи сыпучих материалов (ленточные транспортёры, питатели, тензометрические весы). 23. Системы автоматического управления и контроля технологического оборудования. 24. Основные виды износа и повреждений футеровки плавильных агрегатов. Методы её восстановления и ремонта. 25. Требования к техническому обслуживанию электрооборудования электропечей. 26. Правила безопасности при эксплуатации оборудования с расплавленным металлом. 27. Природоохранное оборудование ферросплавного и сталеплавильного производства (газоочистка, рукавные фильтры, электрофильтры). Типовое задание 1 На рисунке (или схеме) изображён узел дуговой сталеплавильной печи. Задание: Назовите изображённый узел и его назначение. Опишите материал, из которого он изготовлен, и условия его работы. Укажите возможные дефекты и методы их устранения. 2 Рассчитайте производительность дуговой сталеплавильной печи, если
--	--

	известны её ёмкость (80 т), время плавки (2,5 часа) и коэффициент использования печи (0,92). Задание: Определите часовую и суточную производительность печи. Рассчитайте годовую производительность при работе 350 дней в году. Как изменится производительность при сокращении времени плавки до 2,0 часов? 3 В цехе необходимо организовать подачу сыпучих материалов (известь, руда, ферросплавы) из расходных бункеров в дуговую печь. Задание: Предложите схему механизации процесса подачи материалов. Выберите тип транспортёров и дозирующих устройств. Опишите принцип работы системы автоматического взвешивания. 4 При работе дуговой печи наблюдается повышенный расход графитированных электродов и нестабильное горение дуги. Задание: Назовите возможные причины (неисправность механизма перемещения электродов, нарушение электрического режима, низкое качество электродов). Предложите способы диагностики и устранения неисправностей. Составьте план первоочередных действий оператора. 5 Для производства специальной стали рассматриваются два варианта оборудования: дуговая сталеплавильная печь (ДСП) и индукционная тигельная печь (ИЧТ). Задание: Сравните оборудование по следующим параметрам: принцип нагрева, качество металла, производительность, энергозатраты. Для каких марок стали предпочтительнее каждый из агрегатов? Обоснуйте свой выбор. 6 На машине непрерывной разливки стали наблюдается «прорыв» металла в кристаллизаторе. Задание: Какие конструктивные элементы МНЛЗ могли стать причиной прорыва (износ стенок кристаллизатора, нарушение смазки, неправильный режим охлаждения)? Предложите меры по предотвращению прорыва. Опишите последовательность действий оператора при возникновении данной ситуации. Критерии оценки ответа: «Отлично» – полный, развёрнутый ответ на теоретический вопрос, верное решение практического задания с обоснованием, уверенная защита. «Хорошо» – ответ на теоретический вопрос с незначительными неточностями, практическое задание решено верно, но допущены небольшие погрешности в обосновании. «Удовлетворительно» – теоретический вопрос раскрыт поверхностно, практическое задание выполнено с ошибками, защита неуверенная.
--	---

	«Неудовлетворительно» – отсутствие ответа на теоретический вопрос и/или невыполнение практического задания.
УП.02 Учебная практика	
ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 2.3. ПК 2.4. ПК 2.5. ОК 01. ОК 02.	Отчет по практике Отчет по практике представляет собой комплект материалов, включающий документы для прохождения практики; подготовленные обучающимся материалы, подтверждающие выполнение заданий по практике. Отчет предоставляется в течение трех дней по окончании практики руководителю практики от МпК. Отчет о выполнении заданий по практике выполняется индивидуально. Отчет является ответом на каждый пункт задания и сопровождается ссылками на приложения. Все необходимые материалы отчета по практике комплектуются обучающимся согласно внутренней описи документов, находящейся в отчете. Приложения представляют собой материал, подтверждающий выполнение заданий на практике (графические, аудио-, фото-, видеоматериалы, наглядные образцы изделий, копии созданных документов, фрагменты программ, чертежей и др.). Приложения имеют сквозную нумерацию. Номера страниц приложений допускается ставить вручную. Обучающийся может приложить благодарственное письмо в адрес образовательной организации и/или лично практиканту
ПП.02 Производственная практика	
ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 2.3. ПК 2.4. ПК 2.5. ОК 01. ОК 02.	Отчет по практике Отчет по практике представляет собой комплект материалов, включающий документы для прохождения практики; подготовленные обучающимся материалы, подтверждающие выполнение заданий по практике. Отчет предоставляется в течение трех дней по окончании практики руководителю практики от МпК. Отчет о выполнении заданий по практике выполняется индивидуально. Отчет является ответом на каждый пункт задания и сопровождается ссылками на приложения. Все необходимые материалы отчета по практике комплектуются обучающимся согласно внутренней описи документов, находящейся в отчете. Приложения представляют собой материал, подтверждающий выполнение заданий на практике (графические, аудио-, фото-, видеоматериалы, наглядные образцы изделий, копии созданных документов, фрагменты программ, чертежей и др.). Приложения имеют сквозную нумерацию. Номера страниц приложений допускается ставить вручную. Обучающийся может приложить благодарственное письмо в адрес образовательной организации и/или лично практиканту

Критерии зачета с оценкой и экзамена

«Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено высоко.

«Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

«Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки.

«Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

4.2.2 Экзамен по профессиональному модулю

Оценочные средства промежуточной аттестации по профессиональному модулю – экзамену профессиональному по модулю

Код и наименование компетенций	Перечень оцениваемых умений, навыков (практического опыта)	Максимальный балл
ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования.	Умение: производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта	2
	Знание: состав, назначение, устройство, конструктивные особенности, принцип действия, правила обслуживания и эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, механизмов, устройств, технологического инструмента и оснастки, применяемых на участке выплавки, внепечной обработки и разливки стали	2
ПК 2.2. Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали.	Навык: выполнения расчетов параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали	2
	Знание: физико-химические свойства шихтовых материалов и состав ферросплавов, используемых для легирования стали	2
ПК 2.3. Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу	Навык: подготовки шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и	2

производства ферросплавов и стали.	стали	
	Знание: химический состав, назначение и особенности применения шихтовых материалов в производстве стали и ферросплавов	2
ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали.	Навык: выполнения технологических операций при производстве ферросплавов и выплавке стали	4
	Знание: взаимосвязь режима технологических процессов и качества продуктов плавки;	2
ПК 2.5. Производить оценку качества выпускаемой продукции.	Навык: оценки качества выпускаемой продукции	2
	Знание: факторы, влияющие на качество цельнолитой заготовки, особенности затвердевания заготовок, образования корочки слитков различного сечения	
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	Умение: Выявление и эффективный поиск информации, необходимой для решения задачи и/или проблемы	1
ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Умение: Использование различных цифровых средств для решения профессиональных задач	2
ИТОГО		25,00

Задание 1.

Текст задания, исходные данные и условия выполнения задания:

1. Основные периоды плавки в электропечах. Их краткая характеристика.

2. Во время завалки металлического лома в кислородном конвертере произошел взрыв. Часть футеровки в верхней части конвертера разрушилась. Перечислить основные причины, из-за которых возможны взрывы в конвертере
3. На сколько изменится масса жидкого металла при окисления 0,8% кремния кислородом FeO шлака в агрегате вместимостью 250 т?

Задание 2.

Текст задания, исходные данные и условия выполнения задания:

1. Назначение кристаллизатора МНЛЗ.
2. Во время продувки металла кислородом в конвертере случился прогар кислородной фурмы. Перечислить основные причины, приведшие к прогару кислородной фурмы
3. Определить продолжительность затвердевания непрерывнолитых заготовок с размерами поперечного сечения 230×1250 мм из стали марки 09Г2С и длину лунки жидкого металла, если скорость вытягивания заготовки 0,9 м.

Задание 3.

Текст задания, исходные данные и условия выполнения задания:

1. Устройство для подачи проволоки в ковш при внепечной обработке стали.
2. При разливке стали на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) произошел «прорыв» металла. Указать основные причины данной аварии.
3. Определить расход алюминия в сталеразливочный ковш при выпуске металла из кислородного конвертера вместимостью 200 т для получения в стали марки 08сп содержания алюминия 0,04 %, если в полупродукте перед выпуском содержалось 0,05 % углерода. Недостающие данные принять самостоятельно.

Задание 4

Текст задания, исходные данные и условия выполнения задания:

1. Назначение и основные элементы агрегата «печь-ковш».
2. Во время плавки металла в конвертере произошел обрыв настелей с горловины. Указать причины.
3. Определить расход извести в конвертер, если в конце продувки образовалось 50 т шлака, содержащего 15% SiO₂, основность шлака равна 3,8, другие шлакообразующие материалы внесли 5 т СаО.

Задание 5

Текст задания, исходные данные и условия выполнения задания:

1. Общая характеристика кислородного конвертера.
2. При выплавки стали произошел выброс металла и шлака из конвертера. Указать основные причины данной аварии.
3. Определить расход алюминия в сталеразливочный ковш при выпуске металла из кислородного конвертера вместимостью 200 т для получения в стали марки 08сп содержания алюминия 0,04 %, если в полупродукте перед выпуском содержалось 0,05 % углерода. Недостающие данные принять самостоятельно.

Задание 6

Текст задания, исходные данные и условия выполнения задания:

1. Расскажите о технологии разливки на МНЛЗ
2. Определить продолжительность затвердевания непрерывнолитых заготовок с размерами поперечного сечения 230×1250 мм из стали марки 09Г2С и длину лунки жидкого металла, если скорость вытягивания заготовки 0,9 м.
3. Дать характеристику основному оборудованию (МНЛЗ «ККЦ»), в мультимедийной программе «SIKE».

Критерии оценивания:

Оцениваемая ПК, ОК	Критерий оценивания (умения, навыки/ практический опыт)	Описание оценки критерия		Максимальный балл оценки подкритерия - 2 балла	Вес подкритерия: не менее 1; - шаг 0,5; не более 3	Итоговый максимальный балл подкритерия
		Конкретные оцениваемые действия (операции) или набор действий для оценки подкритерия	Описание результата выполнения конкретного действия (операции) подкритерия баллах			
ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогатель ного оборудования.	У 2.1.3 производить комплекс регламентны х работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта	Решение практико- ориентированного кейса.	0- задание не выполнено или содержит грубые ошибки во всех разделах: план не составлен, предложенные действия не соответствуют регламенту и могут привести к аварийной ситуации; 1 – задание выполнено частично: план составлен поверхностно; 2 – задание выполнено в полном объеме: составлен логичный и технологичный поэтапный план регламентных работ;	2	1	2
ПК 2.2. Выполнять расчеты параметров	Н 2.2.1 выполнения расчетов параметров	Выполнение расчета параметров технологиче	0 – расчет выполнен неверно и не в соответствии с	2	1	2

технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и сталей.	технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и сталей	ского процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и сталей	требованиями НТД. 1 – расчет выполнен частично неверно, но в соответствии с требованиями НТД. 2 – расчет выполнен верно, в соответствии с требованиями НТД.			
ПК 2.3. Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и сталей.	Н 2.3.1 подготовки шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и сталей	Выполнение расчета оптимального состава металлошихты	0 – расчет выполнен неверно. 1 – расчет выполнен частично неверно 2 – расчет выполнен верно.	2	1	2
ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке сталей.	Н 2.4.1 выполнения технологических операций при производстве ферросплавов и выплавке сталей	Выполнение технологических операций при выплавке сталей	0 - задание не выполнено и/или содержит грубые ошибки во всех пунктах, 1 - задание выполнено частично: последовательность операций описана поверхностно, 2 - Задание выполнено полностью: последовательность	2	2	4

			операций описана верно,			
ПК 2.5. Производить оценку качества выпускаемой продукции.	Н 2.5.1 оценки качества выпускаемой продукции	Выполнение анализа химического состава стали по паспорту плавки.	0 - Задание не выполнено или все выводы ошибочны, протокол не представлен; 1 - задание выполнено частично: химический состав проанализиро ван, но не для всех элементов, 2 - задание выполнено полностью: химический состав проанализиро ван верно, для каждой заготовки дано корректное заключение о качестве.	2	1	2
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессiona льной деятельности применитель но к различным контекстам	Выявление и эффективный поиск информации, необходимой для решения задачи и/или проблемы	Выделяет ключевые запросы и целенаправл енно проводит поиск релевантной информации	0 - определяет отдельные запросы, но поиск приводит к незначительн ым результатам; 1 – не всегда находит нужную или эффективную информацию; 2 – определяет необходимые ключевые запросы, последователь но	1	2	1

			осуществляет эффективный поиск нужной информации, обеспечивает полноту и точность найденных сведений;			
ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Использование различных цифровых средств для решения профессиональных задач	Применяет цифровые средства	0 – не владеет или владеет на недостаточном уровне цифровыми средствами; 1 – имеет некоторые затруднения в применении цифровых средств, не оказывающие значительное влияние на конечный результат; 2 – выбирает и эффективно использует разные цифровые инструменты и технологии для оптимизации своей профессиональной деятельности;	1	2	2

Для оценки образовательных достижений обучающихся применяется универсальная шкала, представленная в приложении 2.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении теоретических и практических/лабораторных занятий используются следующие педагогические технологии:

№ п/п	Название образовательной технологии (с указанием автора)	Цель использования образовательной технологии	Планируемый результат использования образовательной технологии	Описание порядка использования (алгоритм применения) технологии в практической профессиональной деятельности
1	Кейс-технология (Дж. Дьюи, К.Д. Ушинский)	Использование в обучении конкретной ситуации, связанной с будущей профессией обучающихся	Формирование образа мышления, который позволяет думать и действовать в рамках профессиональных компетенций	Обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них. Варианты использования метода: - ситуация-иллюстрация, в которой обучаемые получают примеры по основным темам курса на основании решенных проблем; - ситуация-упражнение, в которой обучаемые упражняются в решении нетрудных задач, используя метод аналогии (учебные ситуации).
2	Технология групповой деятельности (В.К. Дьяченко, И.Б. Первин)	Достижение эффективной работы за оборудованием	Непосредственное сотрудничество между обучающимися, которые становятся активными субъектами собственного учения	Работа в группах - принципиально меняет в глазах учащихся смысл и значение учебной деятельности: они учатся творчески подходить к решаемой проблеме, взаимодействовать друг с другом, выслушивать мнение

				другого члена группы и высказывать свое, отстаивать свою точку зрения и принимать критику на нее, а также умение защитить групповую работу перед всеми участниками
3	Здоровьесберегающая технология (А.Я. Найн, С.Г. Сериков)	Сохранения и укрепления здоровья	Смена рода деятельности на активно-двигательный, ослабление наступающего утомления	Проведение физминуток, осуществление образовательного процесса на основе санитарных норм и гигиенических требований

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Индикатор сформированности компетенции (ЗУНы)	Номер задания	Тип задания (закрытое / открытое / комбинированное)	Уровень сложности задания (базовый / повышенный / высокий)	Время выполнения задания	Указания по оцениванию	Результаты оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильности и ответа)	Верный ответ (эталон)	Критерии
ПК 2.1	Знание: 3 2.1.1 состав, назначение, устройство, конструктивные особенности, принцип действия, правила обслуживания и эксплуатации основного и вспомогательного	2	Закрытое (установление соответствия, 5 пар)	Базовый	1-3	Задание считается верным, если правильно установлены все пять соответствий.	1 балл – полное правильное соответствие; 0 баллов – иначе.	А-3, Б-5, В-1, Г-2, Д-4	1 балл – полное правильное соответствие; 0 баллов – остальные случаи.

	оборудования, механизмов, устройств, технологического инструмента и оснастки, применяемых на участке выплавки, внепечной обработки и разлива стали								
	Навык: Н 2.1.1 определение готовности к работе и эксплуатация основного и вспомогательного оборудования	3	Комбинированное (выбор ответа + обоснование)	Высокий	5-7	Задание считается верным, если правильно указан номер варианта и приведено развёрнутое обоснование выбора.	Совпадение с верным ответом – 1 балл; наличие корректного обоснования – 1 балл. Итого: 2 балла.	2. Неисправен механизм наклона конвертера (заклинивание гидроцилиндра). Необходимо перейти на резервный гидропривод и вызвать ремонтную службу.	2 балла – выбор верен, обоснование корректно; 1 балл – выбор верен, обоснование неполное; 0 баллов – остальные случаи.
ПК 2.2	Навык: Н 2.2.1	3	Открытое	Повышенный	5-7	Задание	2 балла –	Расход	Наличие

	выполнения расчетов параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали		(развёрнутый расчёт)	ый		открытого типа считается верным, если расчёт выполнен по правильной методике, получен верный числовой результат и сделан обоснованный вывод.	расчёт выполнен верно, вывод обоснован; 1 балл – расчёт выполнен с незначительной ошибкой, вывод частично обоснован; 0 баллов – расчёт неверен или отсутствует.	известна на плавку $\approx 6,2$ т, основность шлака $\approx 3,1$. Сталь соответствует заданной марке по содержанию серы и фосфора.	эталонного ответа.
	Знание: 3.2.2.1 технологические процессы выплавки стали в конвертерах и электропечах, внепечной обработки; основы производства	4	Закрытое (выбор одного ответа из 5)	Базовый	1-2	Задание считается верным, если выбран правильный вариант.	1 балл – верный ответ; 0 баллов – неверно.	3. Снижение температуры металла в конце продувки и уменьшение выхода годного.	1 балл – верный ответ; 0 – неверно.

	ферросплавов								
ПК 2.3	Навык: Н 2.3.1 подготовки шихтовых материалов, металлошихты, полуфабриката в к процессу производства ферросплавов и стали	5	Комбинирова нное (выбор ответа + обоснование)	Высокий	5-7	Задание считается верным, если правильно указан номер варианта и приведено развёрнутое обоснование.	Совпадение с верным ответом – 1 балл; наличие корректного обосновани я – 1 балл. Итого: 2 балла.	3. Увеличить долю металлизова нных окатышей в шихте на 5% и добавить 2% коксовой мелочи для компенсации теплового баланса.	2 балла – выбор верен, обоснован ие корректно ; 1 балл – выбор верен, обоснован ие неполное; 0 баллов – остальные случаи.
	Знание: З 2.3.1 химический состав, назначение и особенности применения шихтовых материалов в производстве стали и ферросплавов	6	Закрытое (установление соответствия, 5 пар)	Базовый	1-3	Задание считается верным, если правильно установлены все пять соответствий.	1 балл – полное правильное соответстви е; 0 баллов – иначе.	А-2, Б-4, В-1, Г-5, Д-3	1 балл – полное правильно е соответств ие; 0 баллов – остальные случаи.

ПК 2.4	Навык: Н 2.4.1 выполнения технологически е операции при производстве ферросплавов и выплавке стали	7	Комбинирова нное (выбор ответа + обоснование)	Высокий	5-7	Задание считается верным, если правильно указан номер варианта и приведено обоснование последовательн ости действий.	Совпадение с верным ответом – 1 балл; наличие корректного плана действий – 1 балл. Итого: 2 балла.	4. План: 1) Немедленно отключить печь; 2) Поднять электроды; 3) Перекрыть подачу кислорода и воды в зону прогорания; 4) Произвести экстренный выпуск металла в аварийный ковш; 5) Вызвать ремонтную бригаду.	2 балла – выбор верен, план корректен; 1 балл – выбор верен, план неполный; 0 – остальное.
	Знание: З 2.4.2 взаимосвязь режима технологически х процессов и качества продуктов плавки	8	Закрытое (выбор одного ответа из 5)	Базовый	1-2	Задание считается верным, если выбран правильный вариант.	1 балл – верно; 0 – неверно.	3. Снизить интенсивност ь продувки кислородом на 15% и увеличить расход извести на 2	1 балл – верно; 0 – неверно.

								кг/т.	
ПК 2.5	Навык: Н 2.5.1 оценки качества выпускаемой продукции	9	Открытое (развёрнутый анализ)	Повышенн ый	5-7	Задание открытого типа считается верным, если правильно идентифициров ан дефект, указана причина и предложен способ устранения.	2 балла – полный анализ (дефект, причина, способ устранения) ; 1 балл – анализ неполный (отсутствует один из пунктов); 0 баллов – анализ отсутствует или неверен.	Дефект – «усадочная рыхлость» в осевой зоне сляба. Причина – недостаточное питание при затвердевании (малая скорость разливки или неправильный режим охлаждения). Способ – увеличить скорость вытягивания на 0,1 м/мин и скорректирова ть расход воды в ЗВО.	Наличие эталонног о ответа.
	Знание: З 2.5.1 технологически й процесс выплавки,	10	Закрытое (установление соответствия, 5 пар)	Базовый	1-3	Задание считается верным, если правильно	1 балл – полное правильное соответстви	А-5, Б-1, В-3, Г-2, Д-4	1 балл – полное правильно е

	внепечной обработки и разливки стали					установлены все пять соответствий.	е; 0 баллов – иначе.		соответствие; 0 баллов – остальные случаи.
ОК 01	Умение: Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный	11	Открытое (развёрнутый план)	Повышенный	5-7	Задание открытого типа считается верным, если составлен логичный и технологически обоснованный план действий.	2 балла – план составлен полностью, содержит все необходимые этапы и ресурсы; 1 балл – план неполный (пропущены некоторые важные шаги); 0 баллов – план отсутствует или неверен.	План: 1) Проанализировать причины отклонения (проверить состав шихты, режим продувки); 2) Скорректировать дозировку извести и флюсов; 3) Провести дополнительную продувку для выравнивания состава; 4) Отобрать повторную пробу; 5) При необходимости и провести внепечную	Наличие эталонного ответа.

	план							обработку на АПК.	
ОК 02	Умение: Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационных коммуникационных технологий	12	Комбинированное (выбор ответа + обоснование)	Высокий	5-7	Задание считается верным, если правильно указан номер варианта и приведено обоснование выбора.	Совпадение с верным ответом – 1 балл; наличие корректного обоснования – 1 балл. Итого: 2 балла.	2. Использование тренажёра SIKE «Сталевар ДСП» в режиме «Аварийные ситуации» позволяет безопасно отработать алгоритмы действий без риска для оборудования и персонала.	2 балла – выбор верен, обоснование корректно; 1 балл – выбор верен, обоснование неполное; 0 баллов – остальные случаи.

Задание 1.

Установите соответствие между узлом дуговой сталеплавильной печи (ДСП) и его функцией.

Узел ДСП	Функция
А) Подина	1) Подвод тока к электродам
Б) Свод	2) Обеспечение герметичности и тепловой изоляции сверху
В) Электрододержатель	3) Размещение шихты и жидкого металла, восприятие тепловых нагрузок снизу
Г) Короткая сеть	4) Перемещение электродов по вертикали
Д) Механизм перемещения электродов	5) Фиксация и зажим электрода для подачи тока

Ответ:

А	Б	В	Г	Д

Задание 2.

Прочитайте текст, выберите правильный вариант и запишите обоснование.

При подготовке к работе кислородного

, конвертера оператор обнаружил, что при подаче команды на наклон печи механизм не срабатывает, хотя гидронасос работает. На мнемосхеме отображается ошибка «Блокировка наклона». Какое действие следует выполнить в первую очередь?

1. Увеличить давление в гидросистеме
2. Проверить положение электродов (подняты ли они в крайнее верхнее положение)
3. Перезагрузить пульт управления
4. Отключить систему газоочистки
5. Начать выпуск стали вручную через аварийный привод

+Ответ: ____

Обоснование: _____

Задание 3

Выполните расчёт и запишите результат.

Рассчитайте расход известняка (в тоннах) на плавку стали в кислородном конвертере ёмкостью 160 т, если известно:

- содержание Si в чугуна – 0,9 %;
- основность шлака задана $B = 3,0$;
- известь содержит 92 % CaO, 4 % SiO₂;
- в шихте содержится 1,5 % SiO₂ от окисления кремния и 0,5 % SiO₂ от других компонентов.

Плотность стали принять 7,0 т/м³. Определите также основность полученного шлака.

Ответ: _____

Задание 4

При увеличении скорости вытягивания заготовки на МНЛЗ с 1,0 до 1,4 м/мин без корректировки режима охлаждения наиболее вероятным последствием будет:

1. Увеличение толщины корочки на выходе из кристаллизатора
2. Снижение производительности МНЛЗ
3. Повышение риска прорыва металла под кристаллизатором и ухудшение качества поверхности
4. Уменьшение длины жидкой лунки
5. Снижение расхода воды на вторичное охлаждение

Ответ: ____

Задание 5

Прочитайте ситуацию, выберите правильный вариант и обоснуйте.

На шихтовом дворе поступила партия стального лома с повышенным содержанием цветных металлов (Cu – 0,4 %, Zn – 0,2 %). Для выплавки стали марки 09Г2С с ограничением по содержанию Cu ($\leq 0,30\%$) требуется скорректировать шихтовку. Какое решение оптимально?

1. Уменьшить долю лома в шихте на 10% и увеличить долю чугуна
2. Использовать лом как есть, так как медь не влияет на качество стали
3. Увеличить долю металлизированных окатышей на 5% и добавить 2% коксовой мелочи для компенсации теплового баланса
4. Отправить лом на переплав в другую печь, где требования по меди менее жёсткие
5. Добавить в шихту ферросилиций для связывания меди

Ответ: ____

Обоснование: _____

Задание 6

Установите соответствие между шихтовым материалом и его основным назначением в сталеплавильном производстве.

Шихтовый материал	Назначение
А) Известь (CaO)	1) Раскисление и легирование марганцем
Б) Плавиковый шпат (CaF ₂)	2) Наведение основного шлака, удаление фосфора и серы
В) Железная руда (Fe ₂ O ₃)	3) Восстановление железа и углеродный нагрев
Г) Ферромарганец (FeMn)	4) Разжижение шлака, улучшение его текучести
Д) Кокс (углерод)	5) Окисление примесей, регулировка теплового баланса

Ответ:

А	Б	В	Г	Д

Задание 7

Прочитайте ситуацию, выберите правильный вариант и составьте план действий.

В процессе выплавки стали в ДСП-180 зафиксирован прогар водоохлаждаемой панели свода. Температура воды на выходе из панели достигла 90°C (норма – до 55°C). Что необходимо предпринять?

1. Продолжить плавку с пониженной мощностью до момента выпуска
2. Остановить печь, поднять электроды, перекрыть подачу воды на панель и вызвать ремонтную бригаду
3. Увеличить подачу воды на панель для снижения температуры
4. Отключить только систему охлаждения свода, оставив печь в работе

5. Произвести экстренный выпуск металла через летку, не останавливая печь

Ответ: _____

План действий: _____

Задание 8

При анализе готовой стали марки 40Х обнаружено повышенное содержание серы (0,045 % при норме $\leq 0,035$ %). Какое технологическое решение позволит снизить содержание серы в стали на последующих плавках без изменения основного процесса?

1. Увеличить расход чугуна в шихте
2. Повысить температуру заливки стали
3. Снизить интенсивность продувки кислородом на 15% и увеличить расход извести на 2 кг/т
4. Уменьшить долю лома в шихте
5. Добавить в ковш ферросилиций для связывания серы

Ответ: _____

Задание 9

Проанализируйте дефект сляба (продольные трещины на поверхности глубиной до 2 мм) и запишите ответ.

Укажите вероятную причину возникновения данного дефекта и предложите способ его устранения или предотвращения.

Ответ: _____

Задание 10

Установите соответствие между стадией технологического процесса производства стали и её влиянием на качество готовой заготовки.

Стадия процесса	Влияние на качество
А) Выплавка в конвертере	1) Определяет химическую неоднородность и газонасыщенность
Б) Внепечная обработка (вакуумирование)	2) Формирует макроструктуру и поверхностные дефекты
В) Непрерывная разливка (МНЛЗ)	3) Определяет начальное содержание примесей (S, P) и температуру

Стадия процесса	Влияние на качество
Г) Охлаждение в зоне вторичного охлаждения	4) Влияет на степень дендритной ликвации и внутренние трещины
Д) Резка заготовок	5) Влияет на качество торцов и длину заготовок

Ответ:

А	Б	В	Г	Д

Задание 11

Составьте план действий технолога для устранения систематического занижения температуры металла на выпуске из конвертера на 30–40°C при стабильном составе чугуна. Укажите необходимые ресурсы и этапы контроля.

Ответ: _____

Задание 12

Прочитайте текст, выберите правильный вариант и запишите обоснование.

Молодому сталевару необходимо освоить алгоритм действий при обрыве электрода в ДСП. Какой информационный ресурс обеспечит наиболее эффективное и безопасное обучение?

1. Видео-лекция на YouTube
2. Тренажёр-симулятор SIKE «Сталевар ДСП» с режимом аварийных ситуаций
3. Печатная инструкция по эксплуатации печи, выданная 10 лет назад
4. Консультация с мастером в процессе реальной плавки
5. Форум металлургов с обсуждением нештатных ситуаций

Ответ: _____

Обоснование: _____

*Приложение 2.2.1 к ОПОП по специальности
22.02.09 Metallургия черных металлов*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

**ПМ.02 Ведение технологического процесса производства ферросплавов и стали
для обучающихся специальности
22.02.09 Metallургия черных металлов**

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Методические указания	5
Практическое занятие 1	5
Практическое занятие 2	10
Практическое занятие 3	13
Практическое занятие 4	19
Практическое занятие 5	22
Практическое занятие 6	27
Практическое занятие 7	32
Практическое занятие 8	39
Практическое занятие 9	45
Практическое занятие 10	50
Практическое занятие 11	57
Практическое занятие 12	63
Практическое занятие 13	68
Практическое занятие 14	76
Практическое занятие 15	79
Практическое занятие 16	84
Практическое занятие 17	91
Практическое занятие 18	96
Практическое занятие 19	100
Практическое занятие 20	103
Практическое занятие 21	111
Практическое занятие 22	125
Лабораторное занятие 1	127
Лабораторное занятие 2	130
Лабораторное занятие 3	135
Лабораторное занятие 4	140
Лабораторное занятие 5	153
Лабораторное занятие 6	159
Лабораторное занятие 7	164
Лабораторное занятие 8	169
Лабораторное занятие 9	172
Лабораторное занятие 10	177
Лабораторное занятие 11	181
Лабораторное занятие 12	185
Лабораторное занятие 13	188
Лабораторное занятие 14	193
Лабораторное занятие 15	200
Лабораторное занятие 16	207
Лабораторное занятие 17	214

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой профессионального модуля «ПМ.02 Ведение технологического процесса производства ферросплавов и стали» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.3.1 контролировать (визуально и с применением приборов) нормативный уровень запасов шихтовых компонентов для бесперебойного обеспечения ферросплавного и сталеплавильного производства шихтой заданного состава

У 2.3.2 отбирать представительные пробы поступающих на шихтовку исходных материалов и готовой шихты ферросплавного и сталеплавильного производства

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

У 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на освоение вида деятельности программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования.

ПК 2.2. Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик исходного сырья и продукции при производстве ферросплавов и стали.

ПК 2.3. Осуществлять подготовку шихтовых материалов, металлошихты, полуфабрикатов к процессу производства ферросплавов и стали.

ПК 2.4. Выполнять технологические операции при производстве ферросплавов и выплавке стали.

ПК 2.5. Производить оценку качества выпускаемой продукции.

А также формированию общих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1 Шихтовые материалы сталеплавильного производства Практическое занятие №1. Расчет среднего состава металлошихты

Цель: научиться определять средний химический состав металлошихты (содержание углерода, кремния, марганца, фосфора, серы) на основе заданных массовых долей компонентов и их паспортных составов, а также оценивать соответствие полученного состава требованиям к выплавке заданной марки стали.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Калькулятор (или ПК с табличным редактором);

Таблицы химических составов стального лома, чугуна, ферросплавов и других шихтовых материалов (прилагаются к заданию или выдаются преподавателем);

Методические указания по выполнению расчётов;

Задание:

1 Рассчитать среднее содержание каждого элемента (C, Si, Mn, P, S) в общей металлошихте.

2 Сравнить полученные значения с рекомендуемыми для стали Ст3сп (по ГОСТ 380–2005: $C \leq 0,22\%$; $Si = 0,05–0,15\%$ для кипящей, но для спокойной – до $0,30\%$; в нашем случае заданы пределы: $C: 0,14–0,22\%$; $Si: 0,15–0,30\%$; $Mn: 0,40–0,65\%$; $P \leq 0,040\%$; $S \leq 0,050\%$).

3 Сделать вывод о пригодности данной шихты для выплавки заданной марки. Если какой-либо элемент выходит за пределы, предложить способ корректировки состава (изменить долю компонента или добавить другой материал).

Порядок выполнения работы:

1. Усвоить теоретический материал по темам:

- Металлическая часть шихты. Требования стандартов предприятия на чугун.
- Внедоменная подготовка чугуна.
- Металлический лом и его свойства.

2 Ответить на тесты.

3 Выполнить и записать задания практической работы в тетрадь по практическим занятиям.

4 Сдать выполненную практическую работу на проверку преподавателю

Форма представления результата:

Отчёт оформляется в тетради. Результаты расчёта в виде таблицы.

Вывод с пояснением, какой компонент надо скорректировать и как (например, «для снижения углерода необходимо уменьшить долю чугуна с 25% до 15% и увеличить долю лома до 75%» – при этом нужно пересчитать новый состав, но в данной работе достаточно качественного предложения).

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения:

Жидкий чугун

В соответствии с ГОСТ 805-80 перелитежный чугун подразделяют на две марки - П1 и П2, различающиеся содержанием кремния: 0,5—0,9 и <0,5 % соответственно. Каждую марку подразделяют на три группы по содержанию марганца (< 0,5; 0,5-1; 1-1,5% соответственно в группах I, II, III); на три класса по содержанию фосфора (не более 0,1; 0,2 и 0,3 ‰ соответственно в классах А, Б, В) и на пять категорий по содержанию серы (не более 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, и 0,05 соответственно в категориях I, II, III, IV, V).

В кислородных конвертерах перерабатывают чугуны, состав которых изменяется в широких пределах: 3,7-4,7% С; 0,15-2,6%Мп; 0,3-2,0 %Sr; <0,07"%S; до 0,3 % Р и более. Однако опыт показал, что для получения высоких технико-экономических показателей процесса состав чугуна целесообразно ограничивать в оптимальных пределах.

Кремний. При увеличении содержания кремния возрастает количество тепла от его окисления и, соответственно, расход стального лома, что снижает себестоимость стали. Вместе с тем при росте содержания кремния необходимо увеличивать расход извести на ошлакование образующегося диоксида кремния (SiO). При этом возрастает количество шлака и соответственно тепловые потери, а также потери железа со сливаемым шлаком. Кроме того, увеличение количества шлака и содержания в нем SiO₂ вызывает снижение стойкости футеровки. При слишком низком содержании кремния в чугуне замедляется шлакообразование в связи с медленным растворением извести (при малом содержании SiO₂ в первичных шлаках). С учетом изложенного оптимальным следует считать содержание кремния в чугунах 0,6—0,9%.

Марганец. В течение многих лет считалось, что чугун для переработки в кислородных конвертерах должен содержать 0,7—1,1% Мп. Объясняется это тем, что при

высоком содержании марганца существенно облегчается шлакообразование, т. е. быстрое формирование основного шлака, поскольку продукт окисления марганца, оксид марганца MnO , заметно ускоряет растворение извести. В последние годы мнение об оптимальном содержании марганца в чугунах пересмотрено с учетом следующих соображений:

1) большая часть марганца при конвертерной плавке окисляется и безвозвратно теряется в виде MnO со сливаемым шлаком;

2) выплавка чугунов с повышенным (0,5-0,7 % и более) содержанием марганца требует добавки марганцевой руды в шихту доменных печей; 3) черная металлургия и другие отрасли промышленности как в СССР, так и за рубежом, испытывают острый недостаток марганца и марганцевых руд, признанных стратегическим сырьем.

С учетом изложенного выплавка и переработка маломарганцовистых чугунов считается важной задачей. Введенная в 1986 г. типовая технологическая инструкция предусматривает переработку в кислородных конвертерах чугунов с содержанием 0,7—0,5 % Mn и менее. Переход на переработку чугунов с более низким, чем ранее, содержанием марганца требует разработки и применения специальных мер по ускорению шлакообразования.

Фосфор. При увеличении содержания фосфора в чугуне для его удаления в шлак в процессе плавки необходимо увеличивать количество и основность шлака и его окисленность, что ведет к увеличению потерь тепла, износа футеровки, потерь железа со шлаком и ряду других неблагоприятных последствий. В связи с этим при обычной технологии конвертерной плавки (работа с одним шлаком) содержание фосфора в чугуне должно быть $< 0,3$.

Сера. Условия для удаления серы из металла неблагоприятны вследствие высокой окисленности конвертерного шлака. В связи с необходимостью выплавки в кислородных конвертерах высококачественных сталей с низким содержанием серы, типовой технологической инструкцией 1986 г. предусмотрено допустимое содержание серы в чугуне для кислородных конвертеров $\leq 0,035$ %.

Углерод. Содержание углерода в чугуне ГОСТом или техническими условиями не регламентируется, поскольку оно определяется содержанием других составляющих. Приблизительно содержание в чугуне углерода может быть определено по формуле:

$$C = 4,8 + 0,03 [\%Mn] - 0,27 [\%Si] - 0,32 [\%P] - 0,032 [\%S].$$

Температура чугуна должна быть не ниже $1320^{\circ}C$ в цехах со стационарными миксерами и не ниже $1350^{\circ}C$ при использовании ковшей миксерного типа. При более низкой температуре чугуна замедляется растворение извести и процесс шлакообразования.

Стальной лом

Стальной лом (скрап) является охладителем конвертерной плавки; увеличение его расхода (замена ломом части чугуна) обеспечивает снижение себестоимости стали. Расход лома, определяемый условиями теплового баланса плавки, без принятия специальных мер по увеличению его расхода, обычно не превышает 27% от массы металлической шихты.

В соответствии с ГОСТ 2787—75 стальной лом подразделяют на две категории: углеродистый (обозначаемый буквой А) и легированный (обозначаемый буквой Б). По качеству категории А и Б разделяют на 28 видов (лом кусковой, мелкий кусковой, пакеты, брикеты из стружки, негабаритный лом и т. д.); кроме того, категорию Б разделяют на 67 групп по содержанию легирующих элементов.

Используемый лом должен соответствовать ГОСТ 2787—75 и ТУ 14-10-38—83. На заводах лом разделяют на оборотный (прокатная обрезь и отходы других цехов металлургического завода) и покупной (поступающий со стороны); состав последнего обычно не известен. Не допускается содержания в ломе примесей цветных металлов (Zn ,

As, Pb, Sn и др.), ухудшающих качество стали. Лом не должен содержать взрывчатых веществ, а также горюче-смазочных материалов, снега, льда, закрытых сосудов, поскольку при заливке чугуна на лом, содержащий эти примеси, возможны; взрывы. Содержание меди и никеля в стальном ломе не должно превышать их допустимого содержания в выплавляемой стали (как правило, <0,2 %), поскольку эти примеси не удаляются из металла при конвертерной плавке (никель, и медь не окисляются в присутствии жидкого железа, поскольку имеют химическое сродство к кислороду более низкое, чем железо). Нежелательно высокое содержание в ломе ржавчины, поскольку она вносит в металл водород (ржавчина — это гидраты оксидов железа).

Насыпная плотность легковесного лома составляет 0,8—1,1 т/м³, тяжеловесного (обрезь, слябов и блюмов)—3—3,5 т/м³. На отечественных заводах используют лом насыпной плотностью ~1 т/м³. Легковесный лом прессуют на специальных пакетир-прессах, получая пакеты, что уменьшает длительность загрузки. Загрузка в конвертер легковесного лома нежелательна, так как способствует значительному понижению температуры ванны в начале продувки вследствие быстрого растворения лома в чугуне; при этом замедляется шлакообразование и по ходу продувки наблюдаются колебания (пульсации) скорости окисления углерода, способствующие возникновению выбросов.

Ограничивают максимальный размер кусков лома, поскольку слишком большие куски могут не успеть раствориться за короткое время продувки. Размеры пакетов лома не должны превышать 2000 X 1050 X 750 мм. Длина кускового лома должна быть не более 800 мм. В шихтовом отделении отдельно должен храниться легковесный и тяжеловесный лом и пакеты, чтобы обеспечить соблюдение требуемого порядка загрузки лома в совки и в конвертер - вначале в конвертер должен загружаться легковесный лом. Отдельно должен храниться легированный лом и лом, содержащий минимальное количество примесей (фосфора, серы, цветных металлов).

Порядок выполнения расчета

Расчет ведется на 100 кг металлозавалки при выплавке стали в кислородном конвертере.

Состав чугуна и лома приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав чугуна и лома

В процентах					
Материал	C	Mn	Si	P	S
Чугун	4,02	0,24	0,64	0,12	0,011
Лом	0,1	0,4	0,4	0,02	0,02

Задается доля чугуна в металлозавалке 80 %, соответственно доля стального лома составит 20%.

Для определения среднего состава металлошихты необходимо определить количество примесей, вносимых каждой составляющей шихты.

В приложении 1 приводятся варианты индивидуальных заданий по расчету среднего состава металлошихты. Химический состав стального лома берется самостоятельно или из примера расчета.

Чугун внесет следующее количество примесей, %:

$$C \quad 4,02 \cdot \frac{80}{100} = 3,216$$

Мп $0,24 \cdot 0,8 = 0,192$

Si $0,64 \cdot 0,8 = 0,512$

P $0,12 \cdot 0,8 = 0,096$

S $0,011 \cdot 0,8 = 0,0088$

Стальной лом внесет следующее количество примесей, %:

20

C $0,1 \cdot 100 = 0,02$

Мп $0,4 \cdot 0,2 = 0,08$

Si $0,4 \cdot 0,2 = 0,08$

P $0,02 \cdot 0,2 = 0,004$

S $0,02 \cdot 0,2 = 0,004$

Результаты определения среднего состава металлошихты сводятся в таблицу 2.

Таблица 2- Определение среднего состава металлошихты
В процентах

Состав шихты	Содер- жание	Вносимые примеси				
		C	Мп	Si	P	S
Чугун	80	3,216	0,192	0,512	0,096	0,0088
Лом	20	0,02	0,08	0,08	0,004	0,004
Средний состав	100	3,236	0,272	0,592	0,10	0,0128

Тема 1.2 Теоретические основы сталеплавильного производства
Практическое занятие №2. Анализ содержания нормативной документации,
отражающей методы испытаний и оценку структуры стали

Цель: ознакомиться с нормативной документацией, отражающей методы испытаний и оценку структуры стали, также привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

У 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему, ГОСТ 10243-75 Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры; ГОСТ 5639-82 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна.

Задание:

1 Изучить содержание нормативной документации, отражающей методы испытаний и оценку структуры стали.

2 Ответить на вопросы, характеризующие методы испытаний и оценку структуры стали.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить и законспектировать основные правила контроля макроструктуры металла, оборудование, реактивы и режимы травления темплетов, шкалы макроструктур, методы выявления границ зерен, методы определения величины зерна, шкалы для определения величины зерна.

2. Выявить и составить перечень дефектов, иллюстрированных шкалами.

3. Перенести принцип подсчета количества зерен на единицу поверхности шлифа и расчета средней площади и среднего диаметра зерна.

3. Сделать вывод.

Форма представления результата:

Отчёт оформляется в тетради. Результаты анализа в виде таблицы.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения

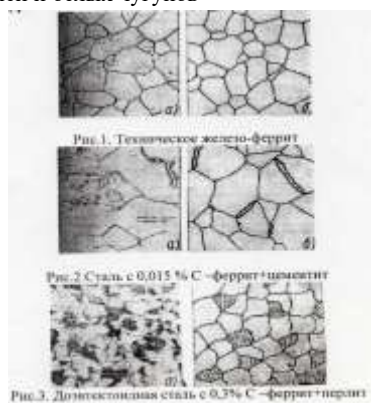
Микроструктура технического железа и углеродистых сталей для равновесных условий характеризуется нижней левой частью диаграммы состояния железо-цементит.

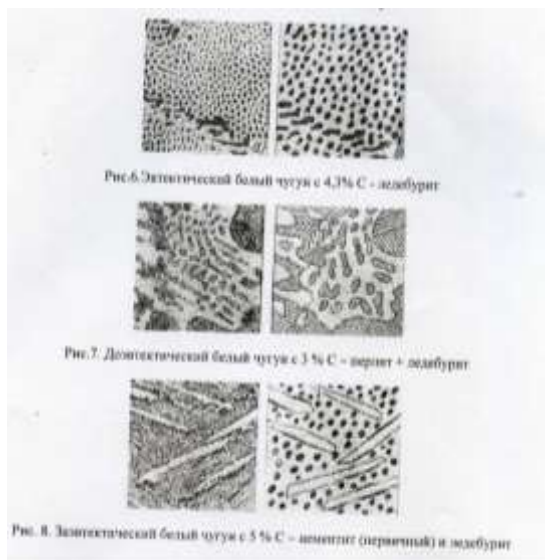
Сплавы с содержанием до 0,02 % С называются техническим железом, от 0,02 до 0,8 %С –доэвтектоидными сталями и от 0,8 до 2,14% С – заэвтектоидными. Сплав с содержанием 0,8 % с называется эвтектоидной сталью.

Микроструктура технического железа- феррит и перлит, заэвтектоидной стали- перлит. Перлит – это эвтектоид, представляющий собой механическую смесь феррита и цементита, получающуюся в результате распада аустенита с 0,8 % С. Заэвтектоидная сталь состоит из перлита и вторичного цементита.

В белых чугунах весь углерод находится в связанном состоянии, т.е. в виде цементита. Белый чугун в зависимости от содержания углерода разделяется на доэвтектический (2,14-4,3% С), эвтектический (4,3% С) и заэвтектический (4,3-6,67% С). Во всех белых чугунах имеется цементитная эвтектика (ледебурит).

Структура доэвтектического чугуна: ледебурит + перлит + цементит. Эвтектический чугун состоит только из ледебурита, а заэвтектический имеет структуру, состоящую из ледебурита и первичного цементита. Микроструктуры технического железа, углеродистых сталей и белых чугунов





Отчёт должен содержать:

Сводную таблицу методов контроля структуры стали:

Наименование ГОСТа	Объект контроля	Метод испытания	Критерии оценки
ГОСТ 10243-75	Макроструктура	Травление в кислотах	Эталонные шкалы дефектов
ГОСТ 5639-82	Величина зерна	Метод сравнения / подсчёт	Номер зерна (G)
ГОСТ 1778-70	Неметаллические включения	Микроскопический	Тип и балл включений

Заполненный протокол оценки макроструктуры (по форме ГОСТ 10243-75).

Анализ выявленных дефектов (если есть) с указанием их допустимости по нормативной документации.

Вывод о соответствии структуры стали требованиям и рекомендации по возможной корректировке технологии (если структура не соответствует).

Тема 1.2 Теоретические основы сталеплавильного производства
Практическое занятие №3. Анализ содержание нормативной документации,
отражающей маркировку стали

Цель: научиться работать с нормативной документацией (ГОСТ), регламентирующей маркировку и обозначение марок стали, а также определять химический состав, свойства и область применения стали на основе её условного обозначения.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки; ГОСТ 1050-2013 Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.

Задание:

- 1 Изучить содержание нормативной документации, отражающей маркировку стали.
- 2 Ответить на вопросы, характеризующие методы испытаний и оценку структуры стали.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить и законспектировать основные марки стали, требованиями к маркировке, классификацию металлопродукции, предъявляемые к ней требования.
2. Ознакомиться с требованиями к химическому составу стали.
3. Перенести принцип подсчета количества зерен на единицу поверхности шлифа и расчета средней площади и среднего диаметра зерна.
4. Выводом к работе является перечисление основных элементов национальных стандартов, отражающей маркировку стали.

Форма представления результата:

Студент выполняет работу, сдается в конце занятия в форме выполненного задания.

Критерии оценки:

Оценка «5» выставляется, если: содержание работы соответствует заданной тематике.

Оценка «4» выставляется, если: студент допускает небольшие неточности или некоторые ошибки в данном вопросе.

Оценка «3» выставляется, если: содержание работы соответствует заданной тематике, но в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы или материал по теме изложен нелогично, нечетко представлено основное содержание вопроса.

Оценка «2» выставляется, если: не раскрыта основная тема работы.

Краткие теоретические сведения

Расшифровывая марку стали, необходимо дать полное название и раскрыть содержание всех букв и цифр марки. Следует иметь в виду, что в ряде сплавов содержание компонентов прямо не указано в марке, но следует из принципов маркировки данного материала и должно быть отражено при расшифровке.

Углеродистые конструкционные стали.

Углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества (общего назначения) ГОСТ 380-2005: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст2кп, Ст3сп, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст5Гсп, Ст6пс и др.).

Буквы Ст в маркировке сталей обозначают сталь обыкновенного качества; буква Г – повышенное содержание марганца. Буквы кп (сталь кипящая), пс (сталь полуспокойная), сп (сталь спокойная) обозначают способ раскисления. Цифры, стоящие после букв Ст, обозначают условный номер марки в зависимости от массовой доли химических элементов и механических свойств стали.

Чем больше номер, тем больше углерода и других химических элементов и механических свойств стали, а также выше ее механические свойства.

Эти стали хорошо свариваются, куются, штампуются и обрабатываются резанием.

Применяются для изготовления сварных строительных конструкций, крепежных изделий, малонагруженных деталей машин, а также стандартных и нормализованных деталей: рукояток, кнопок, ручек, заглушек, пробок, петель шарнирных и т.д.

Углеродистая конструкционная качественная сталь ГОСТ 1050-88: 05кп, 08кп, 08пс, 10пс, 15кп, 15пс, 15,18кп, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60.

Цифры в маркировке указывают среднюю долю углерода в сотых долях процента. Буквы кп, пс обозначают способ раскисления (кп – кипящие, пс – полуспокойные). В марках, где способ раскисления не указан, сталь спокойная.

С увеличением массовой доли углерода повышаются механические свойства.

Из низкоуглеродистых качественных сталей марок 05, 08кп, 08пс, 10, 10пс, 10кп изготавливают детали штамповкой и холодной высадкой: трубки, прокладки, колпачки, крепежные детали, шайбы, вилки, втулки и тяги.

Стали марок 15, 20, 25 идут на изготовление малонагруженных деталей машин – валков, втулок, пальцев, упоров, копиров, осей, шестерен и других деталей, работающих при температурах 40...4250С.

Стали марок 30-60 идут на изготовление отечественных деталей машин, улучшаемых путем закалки с последующим отпуском и нормализацией: шатунов, коленчатых валов, шлицевых валков, тяг, штоков, сухарей, зубчатых колес и др.

Углеродистые инструментальные стали

В зависимости от химического состава углеродистая инструментальная сталь выпускается следующих марок:

- качественная сталь – У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13;
- высококачественная сталь – У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А.

В маркировке буква У обозначает, что сталь углеродистая инструментальная. Цифры, следующие за буквой У, соответствуют массовой доле углерода в десятых процента. Буква Г указывает на повышенное содержание марганца (0,4...0,6%); буква А, стоящая в конце марки, - на то, что сталь высококачественная, имеет пониженное содержание вредных примесей (серы и фосфора). Марки стали без буквы А в обозначении – качественные.

Из-за ограниченной свариваемости эта сталь не применяется для сварных конструкций, но при необходимости сваривается методом контактной сварки.

Углеродистые инструментальные стали находят широкое применение для изготовления слесарно-монтажного, измерительного, столярно-плотничного инструмента: зубила, долота, плоскогубцы, пилы, фрезы, зенковки, калибры, сверла, надфили, напильники и т.д.

Инструмент, изготовленный из углеродистых инструментальных сталей, обладает хорошими режущими свойствами.

Легированные конструкционные стали.

Согласно ГОСТ 5950-73 приняты условные буквенные обозначения легирующих элементов: алюминий – Ю, азот – А, бор – Р, ванадий – Ф, вольфрам – В, кобальт – К, кремний – С, никель – Н, ниобий – Б, селен – Е, хром – Х, цирконий – Ц, титан – Т, фосфор – П, редкоземельные металлы – РЗМ.

Кроме того, стандартом предусмотрены и другие обозначения отдельных групп легированных сталей:

- Р – быстрорежущие;
- Ш (в конце марки) – сталь особовысококачественная;
- Ш (впереди марки) – сталь подшипниковая;
- А (впереди марки) – сталь автоматная;
- А (в конце марки) – сталь высококачественная;
- А (в середине марки) – сталь с содержанием азота;
- Э – сталь электротехническая;

Легированные стали выпускаются улучшаемые термической обработкой и цементуемые, т.е. подвергаемые химико-термической обработке.

Принцип маркировки легированных конструкционных сталей рассмотрим на примерах. Марка 15ХА – сталь легированная конструкционная, цементуемая, высококачественная, массовая доля углерода – 0,15%, хрома – около 1%, с пониженным содержанием вредных примесей (серы и фосфора). Марка 30ХГСН2А – сталь легированная конструкционная улучшаемая, высококачественная, массовая доля углерода – 0,3%, хрома, марганца, кремния по 1%, никеля – 2%, имеет пониженное содержание вредных примесей.

Легированные конструкционные стали по ГОСТ 4543-71 по массовой доле углерода подразделяются на цементуемые и улучшаемые стали.

Цементуемые легированные стали – это низкоуглеродистые (до 0,3% углерода), низко- и среднелегированные стали марок 15Х, 20Х, 15Г, 20Г, 10Г2, 18ХГТ, 20ХГТ и др.

Улучшаемые легированные стали – это среднеуглеродистые (массовая доля углерода – более 0,3%) и среднелегированные стали марок 30Х, 30Г, 35Х, 38ХА, 40Х, 50Х, 50Г, 50Г2, 30ХГТ и др.

Легированные стали маркируются цифрами, указывающими массовую долю углерода и легирующих элементов, и буквами, обозначающими легирующие элементы. Буквой А в конце марки обозначают сталь высококачественную, а буквой Ш – особовысококачественную. Эти стали имеют пониженную массовую долю вредных примесей – серы и фосфора. Цифры, стоящие вначале, указывают на содержание углерода в конструкционных сталях – в сотых долях процента, в инструментальных – в десятых долях процента. Если впереди марки цифр нет, то массовая доля углерода в пределах 1%. Цифры, стоящие после букв, соответствуют массовой доле легирующих элементов в процентах. Если после букв цифр нет, то массовая доля элементов в пределах 1%. Например, 18Х2Н4МА – легированная конструкционная высококачественная сталь (с пониженным содержанием серы и фосфора), 2% хрома, 4% никеля, 1% молибдена, 0,18%

углерода. Так как массовая доля углерода до 0,3%, сталь является цементируемой, т.е. улучшается химико-термической обработкой.

Легированные цементируемые конструкционные стали применяются для изготовления деталей, работающих в условиях трения при незначительных нагрузках: втулок, пальцев, валиков, толкателей, шестерен и др.

Улучшаемые легированные конструкционные стали применяются для изготовления деталей, работающих при средних и высоких нагрузках: шпинделей, подшипников скольжения, червячных валов, роторов, рычагов, толкателей, блоков, крепежных деталей, работающих при высоких температурах, крупных зубчатых колес, валиков горячей прокатки.

Задания для выполнения практической работы.

Вариант 1.

Определить средний химический состав и классифицировать сталь по различным признакам:

10X17H13M3T
08кп
7ХГ2ВМ
У10
Х
ВСт2кп
65Г
40
10Х14Г14Н4Т
Ст0

Вариант 2.

Определить средний химический состав и классифицировать сталь по различным признакам:

07Х21Г7АН5
БСт3сп
У13А
4Х5МФС
70
5ХНМ
У7
45Х
Ст2кп
40ХФА

Вариант 3.

Определить средний химический состав и классифицировать сталь по различным признакам:

55
25ХГСА
5ХЗВЗМФС
У11А

Ст3кп
Х12МФ
09Х15Н8Ю
95Х18
Бст5пс
20Х17Н2

Вариант 4.

Определить средний химический состав и классифицировать сталь по различным признакам:

4Х4ВМФС
ВСт3пс
60
У9
6ХС
55ХГР
45ХН2МФА
Ст4сп
65С2ВА
12Х1МФ

Вариант 5.

Определить средний химический состав и классифицировать сталь по различным признакам:

20Х20Н14С2
2Х8В8М2К8
10
У13
8ХФ
ХГСВФ
60С2
Бст2кп
50ХФа
10Х11Н23Т3МР

Вариант 6.

Определить средний химический состав и классифицировать сталь по различным признакам:

ХГ
30
Ст6сп
40Х10С2М
12Х17
4Х5В2ФС
ХВ5
У10А

ВСт5сп
10X14АГ5

Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере
Практическое занятие №4. Сравнение показателей работы видов кислородного конвертера

Цель: Научиться сравнивать технико-экономические показатели работы кислородных конвертеров с различными способами продувки (верхняя, нижняя, комбинированная) и выбирать оптимальный тип для заданных условий производства.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

У 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Технические характеристики конвертеров разных типов (ёмкость, давление дутья, фурмы, расход кислорода);

Задание:

Исходные данные:

Имеются три варианта кислородных конвертеров одинаковой ёмкости (160 т):

Вариант А – с верхней продувкой (кислородная фурма);

Вариант Б – с нижней продувкой (донные фурмы);

Вариант В – с комбинированной продувкой (верхняя + нижняя + инертные газы).

Используя справочные данные, заполнить сравнительную таблицу по следующим показателям:

- интенсивность продувки ($\text{м}^3/\text{т} \cdot \text{мин}$);
- длительность продувки (мин);
- расход кислорода ($\text{м}^3/\text{т}$);
- расход чугуна на 1 т стали (т);
- расход лома (т/т);
- расход извести (кг/т);
- стойкость футеровки (плавов);
- содержание азота в готовой стали (ppm);
- качество стали (содержание неметаллических включений, дефекты поверхности).

Для каждого параметра указать преимущества и недостатки каждого типа.

На основе таблицы сформулировать вывод: при производстве каких марок стали (низкоуглеродистых, высококачественных, спецсталей) предпочтительнее каждый из рассмотренных способов продувки.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите техническую литературу по устройству и работе конвертеров с разными типами продувки.

2. Заполните таблицу сравнения, используя приведённые в методичке средние значения или данные из справочников.

3. Для каждого показателя кратко обоснуйте, почему в данном типе конвертера он именно такой (например, при нижней продувке меньше азота, но выше расход футеровки).

4. Сравните результаты и выделите наиболее эффективный тип для массового производства рядовых марок и для специальных сталей.

5. Оформите отчёт.

Форма представления результата:

Отчёт должен содержать:

Сравнительную таблицу с 7–9 показателями и тремя колонками (А, Б, В);

Анализ – напротив каждого показателя указать, у какого типа он лучше (например, "по стойкости футеровки лучше верхняя, по качеству – комбинированная");

Вывод – рекомендации по применению каждого типа для разных групп марок стали;

Критерии оценки:

Оценка «отлично» – таблица заполнена полностью и корректно для всех трёх типов, анализ показателей верен, вывод обоснован и содержит конкретные рекомендации, оформление аккуратно, сдано в срок.

Оценка «хорошо» – таблица заполнена, но есть 1–2 неточности в цифрах или пропущен один показатель, анализ проведён, но вывод недостаточно конкретен, есть мелкие недочёты в оформлении.

Оценка «удовлетворительно» – таблица заполнена не полностью (пропущено 2–3 показателя), анализ поверхностный, вывод отсутствует или не соответствует данным, оформление с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» – таблица не заполнена или содержит грубые ошибки, анализ и вывод отсутствуют, работа не сдана в срок.

Краткие теоретические сведения

Кислородно-конвертерным процессом в нашей стране обычно называют процесс выплавки стали из жидкого чугуна и добавляемого лома в конвертере с основной футеровкой и с продувкой кислородом сверху через водоохлаждаемую фурму; за рубежом его называют процессом ЛД. За время существования процесса (с 1952–53 гг.) было разработано несколько его разновидностей, из которых в настоящее время наряду с процессом ЛД промышленное применение находят кислородно-конвертерные процессы с донной продувкой и с комбинированной продувкой (см. рис. 1).

Первые опыты по продувке чугуна кислородом сверху были проведены в СССР в 1933 г. инж. Н.И.Мозговым. В дальнейшем в нашей и в ряде других стран велись исследования по разработке технологии нового процесса. В промышленном масштабе кислородно-конвертерный процесс был впервые осуществлен в 1952–1953 гг. в Австрии на заводах в г. Линце и Донавице.

За короткий срок кислородно-конвертерный процесс получил широкое распространение во всех странах. Так, если в 1960 г. доля кислородно-конвертерной стали составила 4 % мировой выплавки стали, то в 1970- 40,9%, а в 1998 г.- около 60%. Быстрое развитие кислородно-конвертерного процесса объясняется тем, что он, как и прочие конвертерные процессы, обладает рядом преимуществ по сравнению с мартеновским и электросталеплави́льным процессами.

Основные:

1) более высокая производительность одного работающего сталеплавильного агрегата (часовая производительность мартеновских и электродуговых печей не превышает 140 т/ч, а у большегрузных конвертеров достигает 400–500 т/ч);

2) более низкие капитальные затраты, т.е. затраты на сооружение цеха, что объясняется простотой устройства конвертера и возможностью установки в цехе меньшего числа плавильных агрегатов;

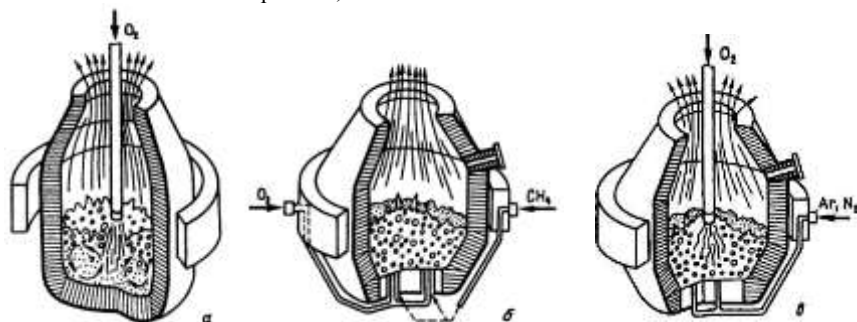


Рисунок 1. Разновидности кислородно-конвертерных процессов: а- продувка кислородом сверху; б- продувка кислородом снизу (через дно); в- комбинированная продувка (кислородом сверху и различными газами через дно)

3) меньше расходы по переделу, в число которых входит стоимость электроэнергии, топлива, огнеупоров, сменного оборудования, зарплат и др.;

4) процесс более удобен для автоматизации управления ходом плавки;

5) благодаря четкому ритму выпуска плавов работа конвертеров легко сочетается с непрерывной разливкой.

Кроме того, по сравнению с мартеновским производством конвертерное характеризуется лучшими условиями труда и меньшим загрязнением окружающей природной среды.

Благодаря продувке чистым кислородом сталь содержит 0,002–0,005 % азота, т.е. не больше, чем мартеновская. Тепла, которое выделяется при окислении составляющих чугуна, с избытком хватает для нагрева стали до температуры выпуска. Имеющийся всегда избыток тепла позволяет перерабатывать в конвертере значительное количество лома (до 25–27% от массы шихты), что обеспечивает снижение стоимости стали, так как стальной лом дешевле жидкого чугуна.

Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере

Практическое занятие №5. Определение производительности конвертера

Цель: Научиться рассчитывать производительность кислородного конвертера (часовую, суточную, годовую) на основе его ёмкости и длительности цикла, а также оценивать влияние различных факторов на производительность.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Исходные данные о ёмкости конвертера и структуре времени плавки;

Нормативы по операциям (завалка, продувка, выпуск, простой);

Калькулятор.

Задание:

Рассчитать профиль рабочего пространства конвертера (рисунок) с верхней продувкой вместимостью $GK = 370$ т, с удельным объемом $V_{уд} = 0,9 \text{ М}^3 / \text{Т}$ и интенсивностью продувки $i = 3,4 \text{ м}^3 / (\text{т} \cdot \text{мин})$.

Порядок выполнения работы:

1 Проведите вариант расчёта с изменёнными параметрами и сравните результаты.

2 Сделайте вывод о резервах роста производительности.

Форма представления результата:

Исходные данные;

Расчёт длительности цикла, числа плавов, производительности (все этапы с формулами и числами);

Вывод с указанием, на сколько процентов выросла производительность при улучшении параметров.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Годовая производственная программа сталеплавильного цеха рассчитывается в тоннах годной стали. В планируемый объем производства включается весь выпуск стали, предназначенной для переработки как в своих цехах, так и отпуска на сторону (товарная часть) [2]. Отходы и брак в объеме производства не входят. Побочные продукты, которые подлежат использованию, включаются в производственную программу. Для составления производственной программы сталеплавильного цеха необходимо рассчитать количество выплавляемой стали по агрегатам. Годовой объем производства стали должен определяться с учетом планового сортамента и годового фонда рабочего времени :

$$P_{\text{план}} = \sum P_{\text{т.ср}i} \cdot T_{\text{ном}i}$$

где $\sum P_{\text{план}}$ - производственная мощность, т/год;

$P_{\text{т.ср}}$ - техническая норма производительности агрегата, т/сутки;

$T_{\text{ном}}$ - годовой фонд номинального времени работы агрегата, сутки.

Время действия конвертера

По каждому конвертеру рассчитываем номинальное и фактическое время работы в планируемом году. Номинальное время работы конвертера определяем исключение из календарного времени простоев на капитальном ремонте, текущем планово-предупредительном ремонте и времени нахождении конвертера в резерве:

$$T_{\text{ном}} = T_{\text{кал}} - (T_{\text{кр}} + T_{\text{п.п.р}} + T_{\text{рез}})$$

где $T_{\text{кал}}$ - календарное время, составляет 365 суток;

$T_{\text{кр}}$ - время на капитальные ремонты, сутки;

$T_{\text{п.п.р}}$ - время, затраченное на планово-предупредительные ремонты, сутки;

$T_{\text{рез}}$ - время, которое конвертер находится в резерве, сутки.

Время нахождения на капитальном ремонте, текущих планово-предупредительном ремонтах и время замены футеровки и нахождения в резерве определяется на основе нормативов и по расчету стойкости огнеупоров футеровки.

Капитальный ремонт вызван полным износом огнеупорной кладки, кожуха и металлической арматуры. Периодичность капитальных ремонтов составляет 2 года независимо от емкости, а продолжительность их зависит от объема работ и емкости конвертера.

Продолжительность капитального ремонта для конвертеров емкостью до 250 тонн составляет 6 суток.

При определении времени нахождения конвертеров в резерве, исходя из стойкости футеровки, продолжительности плавки, величины текущих горячих простоев и длительности смены футеровки. Длительность кампании одного конвертера определяем по формуле:

$$D_{\text{ком}} = \frac{N \cdot t_{\text{ц}}}{1440} \cdot (1 + t_{\text{г.п}}) + z_{\text{ф}}$$

где $D_{\text{ком}}$ - длительность кампании одного конвертера, сутки;

N - стойкость футеровки конвертера, количество плавов, равная 2500;

$t_{\text{ц}}$ - продолжительность плавки, мин;

$t_{\text{г.п}}$ - горячие простои к номинальному времени в относительных единицах, равные 0,16 [данные практики];

$z_{\text{ф}}$ - время смены футеровки одного конвертера, равное 2,5.

Тогда, длительность кампании составляет:

$$D_{\text{ком}} = \frac{2500 \cdot 32}{1440} \cdot (1 + 0,16) + 2,5 = 67 \text{ сут.}$$

Количество кампании в год для каждого конвертера:

$$K_{\text{кам}} = \frac{365 - T_{\text{кр}}}{D_{\text{ком}}}$$

Простои на капитальные ремонты:

$$T_{\text{кр}} = \frac{288}{2} = 144 \text{ час. в год,}$$

$144/24 = 6 \text{ сут. в год}$

$$K_{\text{кам}} = \frac{365 - 6}{67} = 5,4 \approx 6$$

Время необходимое для замены футеровки одного конвертера за год, суток;

$$T_{\text{фут}} = z_{\text{ф}} \cdot K_{\text{кам}}$$

$$T_{\text{фут}} = 2,5 \cdot 6 = 15 \text{ сут}$$

Резервное время одного конвертера за год:

$$T_{\text{рез}} = \frac{365}{3} - (T_{\text{кр}} + T_{\text{фут}})$$

где z - количество конвертеров в цехе.

$$T_{\text{рез}} = \frac{365}{3} - (6 + 15) = 101 \text{ сут}$$

Номинальное время конвертеров с учетом формулы:

$$T_{\text{ном}} = 365 - (T_{\text{кр}} + T_{\text{фут}} + T_{\text{рез}})$$

Принимаем, что конвертерный цех работает по схеме: 2/3, т.е. на капитальный ремонт при новом строительстве останавливается один из конвертеров в первом году работы и два конвертера в следующем году.

$$T_{\text{ном1}} = 365 - (6 + 15 + 101) = 243 \text{ сут}$$

$$T_{\text{ном2}} = 365 - (15 + 101) = 249 \text{ сут}$$

$$T_{\text{ном3}} = 365 - (15 + 101) = 249 \text{ сут}$$

Фактическое время работы конвертера рассчитываем по выражению:

$$\Phi_{\text{факт}} = T_{\text{ном}} - T_{\text{г.п}},$$

$$\text{где: } T_{\text{г.п}} = 0,16 \cdot T_{\text{ном}}$$

$$\Phi_{\text{факт1}} = 243 - 0,16 \cdot 243 = 204 \text{ сут}$$

$$\Phi_{\text{факт2}} = 249 - 0,16 \cdot 249 = 209 \text{ сут}$$

$$\Phi_{\text{факт3}} = 249 - 0,16 \cdot 249 = 209 \text{ сут}$$

Определение суточной производительности конвертера

Техническую норму производительности агрегата определяем по формуле:

$$П_{\text{т.ср}} = \frac{1440}{t_n} \cdot G \cdot k_r \cdot k_{\text{и}}$$

где t_n - нормативная продолжительность цикла, мин;

G - номинальная емкость конвертера, т;

k_r - коэффициент выхода годного (при разливке на МНЛЗ по данным практики изменяется в пределах 0,95-0,97, принимаем 0,97);

$k_{\text{и}}$ - коэффициент использования номинального времени в относительных единицах. $k_{\text{и}} = 1 - k_r = 1 - 0,16 = 0,84$.

$$П_{\text{т.ср}} = \frac{1440}{32} \cdot 160 \cdot 0,97 \cdot 0,84 = 5866,56 \text{ т/сутки}$$

Масса плавки по годовому: $G_k \cdot K_r = 160 \cdot 0,97 = 155,2 \text{ т}$

Количество плавов в фактические сутки: $1440/32 = 45$ плавов

$$P_{\text{план}} = P_{\text{план1}} + P_{\text{план2}} + P_{\text{план3}} = 1425574,08 + 1460773,44 + 1460773,44 = 4347120,96 \text{ т/год}$$

где $P_{\text{план}}$ - производственная мощность, т/год;

$П_{\text{т.ср}}$ - техническая норма производительности агрегата, т/сутки;

$T_{\text{ном}}$ - годовой фонд номинального времени работы агрегата, сутки.

$$P_{\text{план1}} = 5866,56 \cdot 243 = 1425574,08 \text{ т}$$

$$P_{\text{план2}} = 5866,56 \cdot 249 = 1460773,44 \text{ т}$$

$$P_{\text{план3}} = 5866,56 \cdot 249 = 1460773,44 \text{ т}$$

Показателем, который характеризует степень использования конвертеров, является выплавка стали на 1 т емкости конвертера (цеха) в номинальные сутки. Он определяется по цеху в целом (не зависимо от простоев на капитальный ремонт одного из конвертеров) по формуле:

$$B_c = \frac{\sum P}{\sum V_n \cdot T_{\text{ном}}}$$

где $\sum P$ — плановый годовой объем производства годной стали по цеху (агрегату), т;

V_n - номинальная емкость конвертера, т;

$T_{\text{ном}}$ - номинальный фонд.

$$B_c = \frac{1425574,08}{160 \cdot 243} = 36,67 \text{ т/т} \cdot \text{сут}$$

Результаты расчета производственной программы представим в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Производственная программа конвертерного цеха

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Конвертеры			Итого по цеху
			1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Номинальная емкость	т	160	160	160	480
2.	Календарное время	сутки	365	365	365	1095
3.	Простои всего	сутки	122	116	116	354
	а) капитальный ремонт	сутки	6	-	-	6
4.	Текущие ремонты всего, в том числе	сутки	116	116	116	348
	б) П.П.Р. и смена футеровки	сутки	15	15	15	45
	в) резерв	сутки	101	101	101	303
5.	Номинальное время	сутки	243	249	249	741
6.	Горячие простои	сутки	39	40	40	119
6.1.	То же в % к номинальному времени	%	16	16	16	-
7.	Фактическое время работы	сутки	204	209	209	622
8.	Продолжительность плавки	мин	32	32	32	-
9.	Масса плавки по годному	т	155,2	155,2	155,2	465,6
10.	Количество плавов в фактические сутки	штук	45	45	45	135
	Количество плавов за год	штук	10935	11205	11205	33345
11.	Выплавка годной стали за год	т	1425574,08	1460773,44	1460773,44	4347120,96
12.	Выплавка стали в номинальные сутки на 1 тонну емкости конвертера	т/т сутки	36,67	36,67	36,67	-

Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере

Практическое занятие №6. Расчет шихты выплавки стали в конвертере

Цель: Научиться определять количество шихтовых материалов (чугун, стальной лом, известь, руда) для выплавки заданной марки стали в кислородном конвертере.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Исходные данные о ёмкости конвертера и структуре времени плавки;

Нормативы по операциям (завалка, продувка, выпуск, простой);

Калькулятор.

Задание:

Выплавка стали марки 3сп в конвертере ёмкостью 160 т. Химический состав чугуна: 4,0% С, 0,8% Si, 0,5% Mn, 0,06% P, 0,03% S. Лом: 0,2% С, 0,3% Si, 0,5% Mn, 0,04% P, 0,03% S. Требуемый состав стали: С = 0,14–0,22%, Si = 0,15–0,30%, Mn = 0,4–0,6%, P ≤ 0,04%, S ≤ 0,05%. Выход годной стали – 90% от массы шихты.

Порядок выполнения работы:

- 1 Принять долю чугуна и лома (например, 80% чугуна и 20% лома).
- 2 Рассчитать среднее содержание элементов в шихте.
- 3 Определить количество окисляемых элементов и требуемый кислород.
- 4 Рассчитать расход извести: на основе содержания SiO₂ в шихте и требуемой основности шлака (CaO/SiO₂ ≈ 2,8–3,2).
- 5 Записать все результаты в таблицу.
- 6 Сделать вывод о достаточности окислителей и флюсов.

Форма представления результата:

Отчёт включает:

Исходные составы;

Расчёт среднего состава шихты;

Расчёт кислорода и извести;

Шихтовую ведомость (чугун, лом, известь, руда, ферросплавы – если легирование);

Вывод о количестве материалов.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Определение параметров плавки в конце продувки

Температура металла в конце продувки зависит от содержания углерода в металле, способа ковшевой обработки и типа разливки, так как это определяет необходимый запас тепла металла для сохранения его в жидком состоянии вплоть до разливки последних порций металла. Данная температура (t_M) равна сумме температуры начала затвердевания металла – температуры плавления ($t_{пл}$) и величины перегрева металла, учитывающего потери тепла от момента выпуска металла до окончания разливки ($t_{пер}$):

$$t_M = t_{пл} + t_{пер}.$$
$$t_M = 328,3 + 121,7 = 450$$

В этом случае температуру начала затвердевания металла можно определить по формуле:

$$t_{пл} = 1539 - 80 \cdot [C]_M,$$

$$t_{пл} = 1539 - 80 \cdot [C]_M = 1539 - 80 \cdot 0,225 = 328,275$$

где 1539 – температура плавления чистого железа, °C;

$[C]_M$ – содержание углерода в металле в конце продувки, %.

Величину перегрева металла выбираем 121,7 исходя из выбранного способа и условия разливки.

Определение расхода лома на плавку

Металлический лом является важнейшим (после жидкого чугуна) исходным железосодержащим материалом конвертерной плавки. Он выполняет роль основного охладителя процесса окислительного рафинирования, благодаря которому обеспечивается необходимая температура металла. Масса лома должна определяться из условий баланса

тепла конвертерной плавки. Избыток тепла процесса расходуется на переработку эквивалентной массы лома.

Однако лом вносит с собой химические элементы, участвующие в окислительном рафинировании, как и элементы чугуна. Поэтому величина массы лома используется в начале расчета в уравнениях баланса элементов, а правильность выбора ее может быть установлена только в конце расчета, при составлении теплового баланса плавки. Критерием оценки служит рассчитанное значение температуры металла.

Для начала расчета можно выбрать расход лома произвольно из обычно наблюдаемого на практике интервала значений (22-28%), провести все расчеты до определения температуры металла, сравнить ее с требуемой и вернуться к началу расчета, скорректировать величину расхода лома и расчет повторить.

Для быстрого приближения используют эмпирические соотношения между массой лома и различными известными параметрами плавки. Их эффективность зависит от того, насколько условия конкретной плавки соответствуют условиям, при которых получены расчетные зависимости. Для рассматриваемого случая можно использовать упрощенную формулу, полученную для условий, когда лом является единственным охладителем:

$$G_{\text{л}}' = 17,4 + 4,1 \cdot q \cdot ([C] - 4,0) + 9,5 \cdot ([Si] - 0,5) + 0,034 \cdot q \cdot (t - 1330) + 3,2 \cdot ([Mn]_{\text{ч}} - 0,2) + 11 \cdot (0,2 - [C]_{\text{м}}) + 0,05 \cdot (1650 - t_{\text{м}}),$$

$$G_{\text{л}} = 17,4 + 4,1 \cdot ([4,579] - 4,0) + 9,5 \cdot ([1,003] - 0,5) + 0,034 \cdot (1350 - 1330) + 3,2 \cdot ([0,303] - 0,2) + 11 \cdot (0,2 - [0,225]) + 0,05 \cdot (1650 - 1660) = 24,787$$

где $G_{\text{л}}'$ – расход лома на плавку (предварительный), % (кг/100кг металлошихты);

$[C]_{\text{ч}}$, $[Si]_{\text{ч}}$, $[Mn]_{\text{ч}}$ – соответственно содержание углерода, кремния и марганца в чугуне, %;

$t_{\text{ч}}$, $t_{\text{м}}$ – соответственно температура чугуна и металла, °C.

Поскольку все величины, входящие в формулу (3), известны из задания на работу и результатов расчета п.3, студент определяет предварительный расход лома по уравнению (3).

При определении уточненного расхода лома на плавку необходимо учесть, что в соответствии с выданным заданием в плавке, в качестве твердого окислителя, играющего роль дополнительного охладителя, используются окатыши.

Для корректировки расхода лома, необходимо предварительно оценить охлаждающую способность окатышей, используя формулу:

$$S_{\text{ТО}} = 0,062 \cdot Fe_{\text{ТО}} - 0,014 \cdot (FeO)_{\text{ТО}} - 0,633,$$

$$S_{\text{ТО}} = 0,062 \cdot 59 - 0,014 \cdot 0,1 - 0,633 = 3,02$$

где $S_{\text{ТО}}$ – коэффициент эквивалентности твердого окислителя как охладителя по отношению к лому, кг/кг;

$Fe_{\text{ТО}}$ – содержание железа в твердом окислителе, %;

$(FeO)_{\text{ТО}}$ – содержание FeO в твердом окислителе, %.

По данным о составе окатышей определяется коэффициент эквивалентности твердого окислителя как охладителя по отношению к лому – $S_{\text{ТО}}$, который показывает сколько лома (кг) заменяет по охлаждающему эффекту 1 кг окатышей.

Далее, по данным о расходе окатышей на плавку ($P_{\text{ТО}}$), определяют количество лома, замененное окатышами в соответствии с охлаждающим эффектом по формуле:

$$\Delta G_{\text{л}} = P_{\text{ТО}} \cdot S_{\text{ТО}}, \text{ кг}$$

$$G_{\text{ч}}=100-24,787-9,732=75,213$$

Далее определяют уточненный расход лома на плавку, используемый в дальнейших расчетах

$$G_{\text{л}} = G - \Delta G_{\text{л}}, \text{ кг}$$

$$G_{\text{л}}=24,787-9,732=15,055$$

Расчет окисления примесей металлической шихты

Для решения этой задачи необходимо определить средний химический состав металлической шихты и остаточные содержания примесей в металле в конце продувки.

Средний химический состав металлической шихты определяется в соответствии с расходами чугуна и лома на плавку и их химическим составом. По известному расходу лома, определяется расход чугуна ($G_{\text{ч}}$):

$$G_{\text{ч}} = 100 - G_{\text{л}}, \text{ кг.}$$

Химический состав металлического лома зависит от того, отходы каких марок сталей составляют лом. Часто сведения об этом носят приблизительный характер. Можно считать, что лом имеет химический состав, близкий к среднему составу сталей, выплавляемых отечественной металлургией в наибольшем количестве – низкоуглеродистых обыкновенного качества. В этом случае лом может содержать 0,1-0,2 % C; 0,20-0,25 % Si; 0,4-0,5 % Mn; менее 0,04 % P и S. Учитывая вышеизложенное, следует самостоятельно принять состав лома: [C]_л; [Si]_л; [Mn]_л; [P]_л; [S]_л, %, а данные о химическом составе чугуна и лома свести в таблицу 1.

Технологией выплавки стали предусматривается удаление миксерного шлака с поверхности чугуна перед заливкой его в конвертер. Тем не менее, часть этого шлака попадает в конвертер, что необходимо учитывать при расчете плавки. Количество миксерного шлака оценивают в процентах к массе чугуна. До удаления шлака из заливочного ковша это количество составляет 0,5-2,0 %, а после скачивания – 0,2-1,0 % к массе чугуна. Из приведенных данных следует самостоятельно принять количество миксерного шлака, принимающего участие в формировании конвертерного шлака $G_{\text{м.ш}}$, %. В дальнейшем расчете можно учитывать наличие миксерного шлака только при формировании конвертерного шлака, пренебрегая его влиянием на средний состав металлошихты.

Таблица 1 – Химический состав металлошихты

Материал	Химический состав, %				
	C	Mn	Si	P	S
Чугун жидкий	0,225	0,408	0,282	0,034	0,035
Лом металлический	4,6	0,2	0,5	0,05	0,02

Подобное замечание относится и к качеству металлического лома. Лом всегда частично окислен с поверхности и поступает в конвертер с некоторым количеством мусора: песком (основной компонент – 95 % - SiO_2) и глиной (Al_2O_3). Окисленность и замусоренность лома оценивают в процентах к массе лома. Их величина обычно составляет 0,5-2,0 % для каждой из этих характеристик качества металлического лома. Относительно небольшой расход лома на плавку позволяет пренебречь влиянием окалина и мусора в ломе при упрощенных расчетах.

По полученным данным определяется общее поступление элементов с компонентами металлошихты - $[E]_{\text{ш}}$ (химический состав металлошихты). Полученные данные сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Определение среднего химического состава металлошихты

Компоненты металлошихты	Расход, кг	Внесено в шихту, кг				
		C	Si	Mn	P	S
Чугун	ГЧ	3,459	0,376	0,150	0,037	0,015
Лом	ГЛ	00,3387	0,0424 5	0,0614 2	0,0511	0,00526
Всего в шихте	100	3,797	4,621	0,211	0,548	0,54

Варианты для выполнения расчета

Номер варианта	Садка конвертера, т	$t_{\text{чугуна}}, ^\circ\text{C}$	Состав чугуна, %					$i, \text{м}^3/\text{мин}$	Твердый окислитель – окатыши			Расход плав. шихты, %
			C	Si	Mn	P	S		расход, %	Fe, %	FeO, %	
1	30	1350	4,6	0,5	0,2	0,05	0,02	200	1	59	0,1	0,1
2	50	1360	4,5	0,55	1,5	0,15	0,04	250	1,2	60	0,2	0,2
3	100	1370	4,5	0,6	0,3	0,06	0,017	500	1,4	61	1,5	0,3
4	150	1380	4,4	0,65	1,6	0,14	0,039	700	1,6	62	0,3	0,4
5	200	1390	4,4	0,7	0,4	0,07	0,016	850	1,8	63	1,4	0,1
6	250	1400	4,3	0,8	1,4	0,13	0,036	1000	2	64	0,4	0,2
7	300	1410	4,3	0,9	0,5	0,08	0,015	1200	2,2	60	1,3	0,3
8	350	1420	4,2	1	1,3	0,12	0,035	1400	2,5	61	0,5	0,4
9	375	1430	4,1	1,1	0,6	0,09	0,022	1600	0,5	62	1,2	0,1
10	130	1440	4	1,2	1,2	0,11	0,033	600	0,7	63	0,6	0,2
11	160	1450	3,9	1,3	0,7	0,1	0,024	750	0,9	64	1,1	0,3
12	75	1420	4	1,1	1,1	0,09	0,031	400	1,1	61	0,7	0,4
13	275	1400	4,4	0,75	0,8	0,08	0,026	1000	1,3	62	1	0,1
14	325	1380	4,4	0,7	1	0,07	0,029	1100	1,5	63	0,8	0,2
15	400	1360	4,5	0,6	0,9	0,04	0,027	1800	1,7	64	0,9	0,3
16	60	1370	4,6	0,8	0,2	0,02	0,015	300	1,9	60	0,1	0,4
17	80	1390	4,5	0,9	0,3	0,03	0,02	450	2,1	62	0,3	0,1
18	120	1410	4,4	0,7	0,4	0,05	0,026	550	2,3	64	0,6	0,2
19	175	1430	4,3	1,1	0,6	0,07	0,018	750	2,5	61	0,8	0,3
20	220	1450	4,4	0,5	0,7	0,09	0,032	900	1	63	1	0,4
21	280	1480	4,5	1,3	0,5	0,12	0,022	1150	1,5	65	1,2	0,1
22	340	1370	4,4	0,8	0,3	0,15	0,025	1350	2	60	1,4	0,2

Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере

Практическое занятие №7. Расчет материального баланса для получения заданной марки стали

Цель: Научиться составлять полный материальный баланс конвертерной плавки, учитывая приход (шихта, кислород, флюсы) и расход (сталь, шлак, газы, выбросы).

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Составы шихты и продуктов;

Данные по стехиометрии реакций окисления;

Калькулятор;

Форма балансовой таблицы

Задание:

На основе расчётов предыдущего занятия (№5) и уточнённых данных о выходе шлака и составе газов составить материальный баланс.

Приход:

- металлошихта (чугун + лом);
- известь;
- кислород (технический);

Расход:

- годная сталь (жидкая);
- шлак;
- отходящие газы (CO , CO_2 , N_2 , O_2);
- угар и потери (выбросы, искры).

Требуется записать баланс по массе для каждого компонента (Fe , C , Si , Mn , P , S , O_2 , CaO , SiO_2 и др.) и проверить общую сумму прихода и расхода.

Порядок выполнения работы:

- 1 Взять ранее рассчитанные количества шихты, извести, кислорода.
- 2 По реакциям окисления рассчитать количество образовавшихся оксидов и газов.
- 3 Распределить продукты: оксиды – в шлак, газы – в отходящие газы.
- 4 Составить таблицу прихода и расхода (с указанием масс для каждого элемента).
- 5 Сравнить итоги прихода и расхода; если невязка $> 2\%$ – найти ошибку.

Форма представления результата:

Отчёт содержит балансовую таблицу, расчёты по статьям баланса, анализ невязки и вывод о точности расчётов.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Расчет количества и состава шлака

Таблица 1 — Количество и состав неметаллических материалов, используемых в классической технологии конвертерной плавки

Материал	Расход на плавку	Содержится					Прочность	Итого
		CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	П.П.П		
Известь	4,0-11,00	80-92	1-5	-	-	0-10	5-15	100
Плавиковый шпат	0,1-0,4	0-5	3-20	-	-	-	15-95	100
Твердое окисление	0,0-1,5	1-14	4-12	58-90	1-18	-	5-10	100
Футеровка конвертора	0,2-1,0	15-65	1-5	1-2	-	0-20	40-80	100
Миксерный шлак	0,2-2,0	25-35	30-40	0-1,5	5-7	-	10-23	100

Таблица 2 — Количество и состав неметаллических материалов, используемых в расчете конвертерной плавки*

Материал	Расход на плавку	Содержится					Прочность	Итого
		CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	П.П.П		
Известь	4	80	1	-	-	5	10	100
Плавиковый шпат	0,2	4,8	20	-	-	-	75	100
Твердое окисление	1	13	6	65	10	-	5	100
Футеровка конвертора	1	15	4	2	-	3	75	100
Миксерный шлак	2	35	33	1	7	-	22	100

$$\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{ок})} = \left(\text{Fe}_{\%}^{\text{ок}} - \text{FeO}_{\%}^{\text{ок}} \cdot \frac{56}{72} \right) \cdot \frac{160}{112}, \%$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{ок})} = \left(62 - 1,2 \cdot \frac{56}{72} \right) \cdot \frac{160}{112} = 87,23\%$$

Расход миксерного шлака 0,5-2:

$$G_{\text{ш}} \cdot \frac{G_{\text{микс}}}{100}, \text{ кг}$$

$$G_{\text{микс}} = 1,5;$$

$$85,55 \cdot \frac{1,5}{100} = 1,28 \text{ кг}$$

Определяют расход извести по формуле:

$$G_{\text{изв}} = \frac{100 \cdot ((B \cdot \text{SiO}_2)_{\text{об}} - (\text{CaO})_{\text{об}})}{(\text{CaO})_{\text{об}} - B \cdot (\text{SiO}_2)_{\text{из}}},$$

где $G_{\text{изв}}$ – расход известняка;

B – основность шлака по отношению CaO к SiO₂;

SiO₂ – обожжённый поступление в шлак SiO₂ из всех источников, кроме извести;

CaO – поступление в шлак CaO всех источников, кроме извести;

(CaO)_{из} – содержит CaO в извести;

(SiO₂)_{из} – содержит SiO₂ в извести;

B – принимается 3 – 3,5;

Таблица 3 – Расчет количества и состава шлака

Компоненты шлака	Вносится, кг								
	Металл. Шихта	Окатыши	Футеровка	Микс. шлак	Плавик. шпат	Итого	Известь	Всего	Состав шлака
CaO	-	14	25	33	5	77	80	157	
SiO ₂		10	4	35	9,5	58,5	5	63,5	
Прочее		5	45	23	85	160	5	165	
Итого									
FeO	-	10	-	12	-	22	-	22	
Fe ₂ O ₃	-	60	1,5	4	-	65,5	-	65,5	
Итого	-								
Прочее									
Всего		99	75,5	107	99,5	383	90	473	

$$G_{\text{изв}} = \frac{100 \cdot ((3 \cdot 58,5)_{\text{об}} - (77)_{\text{об}})}{(80)_{\text{об}} - 3 \cdot (5)_{\text{из}}} = 151,54$$

$$G_{\text{шл}} = G_{\text{ЕО}} \cdot \frac{100}{(100 - (\text{FeO}) - (\text{Fe}_2\text{O}_3))}, \text{ кг}$$

$$G_{\text{шл}} = 385,5 \cdot \frac{100}{(100 - (12) - (4))} = 458,93 \text{ кг}$$

Расчет расхода дутья

В качестве дутья используется технически чистый кислород – с содержание 99,5% O₂. Расход дутья следует определенно по балансу O₂. Кроме дутья O₂ поступает в ванну при разложении оксидов железа не металлического металла, а расход не только окисляется примесь Me, но и на дожигание CO и CO₂, окисление железа и частично растворяется в металле и теряется в газовую фазу в начале продувки. Потребность в кислороде для окисления примесей металла ($\rho_{\text{O}_2}^{\text{E}}$) определяется по данным таблицы 3. Расход кислорода на окисление железа определяют по количеству образующихся в конце продувки.

Расходные статьи баланса кислорода:

1. Потребность в кислороде для окисления примесей металла, ($\rho_{\text{O}_2}^{\text{Fe}}$) определяется по данным таблицы 3.

2. Расход кислорода на окисление железа определяют по количеству образующихся в конце продувки оксидов железа FeO ($\rho_{\text{FeO}}^{\text{шл}}$) и Fe₂O₃ ($\rho_{\text{Fe}_2\text{O}_3}^{\text{шл}}$) – колонна «Всего» таблица 6.

Потребность в кислороде на образование оксидов железа составляет:

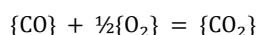
$$\rho_{\text{O}_2}^{\text{Fe}} = \rho_{\text{FeO}}^{\text{шл}} \cdot \frac{16}{72} + \rho_{\text{Fe}_2\text{O}_3}^{\text{шл}} \cdot \frac{48}{160}, \text{ кг или}$$

$$V_{\text{O}_2}^{\text{Fe}} = \rho_{\text{O}_2}^{\text{Fe}} \cdot \frac{22,4}{32}, \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{O}_2}^{\text{Fe}} = 22 \cdot \frac{16}{72} + 65,5 \cdot \frac{48}{160} = 24,54 \text{ кг};$$

$$V_{\text{O}_2}^{\text{Fe}} = 24,54 \cdot \frac{22,4}{32} = 17,18 \text{ м}^3$$

3. Расход O₂ на дожигание CO в зависимости от положения фурмы образуется по реакции



на каждые 28 кг, требуется 16 CO или 11.2 м³ O₂.

Зная количество образующегося при окислении углерода CO (g_{CO}) из таблицы 5 и приняв степень дожигания CO в полости конвертера (η_{CO} , %), определяют расход кислорода на дожигание CO из выражения:

$$\rho_{\text{O}_2}^{\text{CO}} = \rho_{\text{CO}} \cdot \frac{\eta_{\text{CO}}}{100} \cdot \frac{16}{28}, \text{ кг или}$$

$$V_{\text{O}_2}^{\text{CO}} = \rho_{\text{O}_2}^{\text{CO}} \cdot \frac{22,4}{32}, \text{ м}^3;$$

$$\rho_{\text{O}_2}^{\text{CO}} = 0,89 \cdot \frac{85}{100} = 0,43, \text{ кг};$$

$$V_{\text{O}_2}^{\text{CO}} = 0,43 \cdot \frac{22,4}{32} = 0,3, \text{ м}^3$$

В итоге определяем общую потребность в кислороде дутья для окислительного рафинирования (V_k , кг)

$$V_k = \rho_{\text{O}_2}^{\text{E}} + \rho_{\text{O}_2}^{\text{Fe}} + \rho_{\text{O}_2}^{\text{CO}} - \rho_{\text{O}_2}^{\text{HM}}, \text{ кг}$$

$$V_k = 0,75 + 24,17 + 0,32 - 24,17 = 1,07 \text{ кг}$$

Обычно 5-10% приходится на потерю кислорода в газовую фазу и растворение его в металле ($По_2, \%$). С учетом содержания кислорода в дутье (99,5%) определяется общий расход дутья ($V_d, \text{кг}$)

$$V_d = \left(V_k + V_k \cdot \frac{По_2}{100} \right) \cdot \frac{100}{99,5}, \text{ кг или}$$

$$V_{O_2} \text{ м}^3 = V_d \cdot \frac{22,4}{32}, \text{ м}^3$$

$$V_d = \left(1,07 + 1,07 \cdot \frac{7,49}{100} \right) \cdot \frac{100}{99,5} = 1,15 \text{ кг};$$

$$V_{O_2} \text{ м}^3 = 1,15 \cdot \frac{22,4}{32} = 0,8 \text{ м}^3$$

Избыток дутья находится из уравнения

$$V_d^{\text{изб}} = V_d \cdot \frac{По_2}{100}, \text{ кг}$$

$$V_d^{\text{изб}} = 1,15 \cdot \frac{22,4}{100} = 0,25 \text{ кг}$$

Расчет выхода жидкой стали перед раскислением и составление материального баланса плавки

Для расчета выхода жидкой стали перед раскислением, необходимо составить баланс металла за период окислительного рафинирования.

Приходная часть баланса металла

Приход металла состоит из 100 кг металла шихты (чугун и лом) и железа, восстановленного из не металлических материалов. Согласно расчетам выше количество железа, восстановленного из не металлических материалов, можно найти по формуле

$$\rho_{Fe} = \rho_{FeO}^{HM} + \rho_{Fe_2O_3}^{HM} - \rho_{O_2}^{HM}, \text{ кг}$$

$$\rho_{Fe} = 17 + 68 - 24,17 = 63,89 \text{ кг}$$

Расходная часть баланса металла

1. Масса окислившихся примесей ($\sum \rho_E$)

2. Масса железа окисляющегося до FeO и Fe_2O_3 , переходящих в шлак. Находим по формуле

$$\rho_{Fe} = \rho_{FeO}^{шл} + \rho_{Fe_2O_3}^{шл} + \rho_{O_2}^{Fe}, \text{ кг}$$

$$\sum \rho_{Fe} = 17 + 68 + 24,17 = 60,83 \text{ кг}$$

3. Потери металла с выносами и выбросами (G_B), которые обычно составляют 1-2% ($\text{кг}/100 \text{ кг Ме. Шихты}$):

$$G_B = (G_d + G_{ch}) \cdot 1 - 2\%,$$

$$G_B = (37,36 + 62,64) \cdot 1 = 100 \text{ кг}$$

4. Количество миксерного шлака

$$\rho_{мш} = 20$$

5. Потери железа с пылью (G_n), определяют по формуле

$$G_{\text{п}} = 0,00001 \cdot V_{\text{г}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{Fe}_{\text{п}},$$

где $G_{\text{п}}$ – масса железа теряемого с пылью во время продувки, кг;

$V_{\text{г}}$ – объем образующихся газов, м^3 ;

$K_{\text{п}}$ – концентрация пыли в газе, $\text{г}/\text{м}^3$ (150 – 250);

$\text{Fe}_{\text{п}}$ – содержание пыли (60 – 80%);

$$G_{\text{п}} = 0,00001 \cdot 0,0023 \cdot 120 \cdot 75 = 0,000207$$

В процессе продувки газы образуются в результате окисления углерода и поступления потерь при прокаливании из неметаллических материалов (поступлением азота из дутья пренебрегаем). Масса, объем и состав образующихся газов определяются в таблице 4.

Таблица 4 - Расчет образования газообразных продуктов плавки

Источник поступления	Количество		
	CO	CO ₂	Всего
Окисление углерода	9,3	3,65	12,95
Известь	-	5	5
Дожигание CO	0,32	0,02	0,34
Итого	кг	9,62	8,67
	м ³	0,0012	0,0011
Состав газа, %	52,2	47,8	100

Таблица 5 – Материальный баланс плавки

Задано		Получено	
Наименование	кг	Наименование	кг
Жидкий чугун	62,64	Металл жидкий	63,6
Лом металлический	37,36	Шлак	49,5
Окатыши	2,1	Газ	18,29
Известь	4	Избыток дутья	0,08
Плавиковый шпат	0,2	Выносы и выбросы	1
Дутье	1,15	Потери железа с пылью	0,0003
Футеровка	1	Невязка	1,22
Итого	108,9	Итого	132,47

После заполнения таблицы, необходимо принять значения концентрации пыли в газе ($K_{\text{п}}$, $\text{г}/\text{м}^3$) и содержания железа в пыли ($\text{Fe}_{\text{п}}$, %), и определить потери железа с пылью ($G_{\text{п}}$) по уравнению.

После расчета расходных и приходных частей баланса, определяют выход жидкого металла ($G_{\text{м}}$) перед раскислением:

$$G_{\text{м}} = G_{\text{ч}} + G_{\text{л}} + \rho_{\text{Fe}}^{\text{HM}} - \sum \rho_{\text{E}} - \rho_{\text{Fe}}^{\text{ШЛ}} - G_{\text{В}} - \rho_{\text{мш}} - G_{\text{п}}, \text{ кг}$$

$$G_{\text{м}} = 62,64 + 37,36 + 60,83 - 2,66 - 60,83 - 100 - 20 - 0,0003 = 4,36 \text{ кг}$$

Полученные данные материального баланса кислородно-конвертерной плавки сводятся в таблицу 8. Разница между «Задано» и «Получено» в таблице 8, относят на статью «Невязка»

Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере
Практическое занятие №8. Расчет теплового баланса для получения заданной марки стали

Цель: Научиться рассчитывать тепловой баланс конвертерной плавки, определять приход и расход тепла, оценивать необходимость дополнительного охлаждения или нагрева.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Температуры процессов (шихта 20°C, чугун ~1400°C, сталь ~1650°C);

Калькулятор;

Форма балансовой таблицы

Задание:

Для тех же условий рассчитать тепловой баланс.

Приход тепла:

- химическая теплота реакций окисления ($C \rightarrow CO$, $C \rightarrow CO_2$, $Si \rightarrow SiO_2$, $Mn \rightarrow MnO$, $Fe \rightarrow FeO$);
- физическое тепло чугуна (если он заливается горячим);
- тепло от шлакообразования (если учитывается).

Расход тепла:

- на нагрев и расплавление стального лома и шихты;
- на нагрев и расплавление шлака;
- на нагрев отходящих газов;
- тепловые потери через футеровку и излучение.

По итогам расчёта определить температуру металла в конце продувки. Если она отличается от требуемой (1620–1650°C), предложить корректировку (увеличить долю лома для снижения температуры или добавить руду, или уменьшить лом для повышения).

Порядок выполнения работы:

1 По справочным данным рассчитать теплоту окисления каждого элемента (по реакциям, приведённым в методичке).

2 Рассчитать физическое тепло чугуна и лома.

3 Рассчитать расход тепла на нагрев и плавление материалов.

4 Составить тепловой баланс, найти итоговую теплоту, которая идёт на нагрев готовой стали.

5 По найденной теплоте определить конечную температуру металла.

6 Сравнить с требуемой и сделать вывод.

Форма представления результата:

Отчёт содержит балансовую таблицу, расчёты по статьям баланса, анализ невязки и вывод о точности расчётов.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Составление теплового баланса плавки и определение температуры металлы

Приходные статьи теплового баланса

1. Физическое тепло жидкого чугуна определяется по известным значениям температуры чугуна ($t_{\text{ч}}$) и его расходу ($G_{\text{ч}}$) из выражения:

$$Q_{\text{ч}} = G_{\text{ч}} \cdot (61,9 + 0,88 \cdot t_{\text{ч}}),$$

где $Q_{\text{ч}}$ – физическое тепло жидкого чугуна, кДж;

$t_{\text{ч}}$ – температура жидкого чугуна, °C

$$Q_{\text{ч}} = 62,64 \cdot (61,9 + 0,88 \cdot 1660) = 95,381 \text{ Дж} = 0,095381 \text{ кДж}$$

2 Тепловой эффект реакции окисления примесей шихты определяется по известным количествам окисляющихся примесей их выражения

$$Q_{\text{X}} = 14770 \cdot \rho_{[\text{C}]} + 26970 \cdot \rho_{[\text{Si}]} + 7000 \cdot \rho_{[\text{Mn}]} + 21730 \cdot \rho_{[\text{P}]},$$

где Q_{X} – тепло от окисления примесей металлошихты, кДж

$\rho_{[\text{C}]}$ – количество окисления углерода, кг;

$\rho_{[\text{Si}]}$ – то же кремния, кг;

$\rho_{[Mn]}$ – то же марганца, кг;
 $\rho_{[P]}$ – то же фосфора, кг

$$Q_X = 14770 * 12,95 + 26970 * 9,62 + 7000 * 72,7 + 21730 * 0,56 = 0,97179 \text{ кДж}$$

3. Химическое тепло от образования оксидов железа шлака, определяется по данным о количестве оксидов железа в шлаке по уравнению

$$Q_{FeO} = 3707 * \rho_{FeO}^{шл} + 5278 * \rho_{Fe_2O_3}^{шл},$$

где Q_{FeO} – тепловой эффект от окисления железа, кДж ;

$\rho_{FeO}^{шл}$ – количество FeO в шлаке, кг ;

$\rho_{Fe_2O_3}^{шл}$ – то же Fe₂O₃, кг

$$Q_{FeO} = 3707 * 17 + 5278 * 68 = 421923 \text{ Дж} = 421,9 \text{ кДж}$$

4. Тепловой эффект реакции шлакообразования определяется по данным количестве шлакообразующих (CaO и SiO₂) из уравнения

$$Q_{шО} = 628 * \rho_{CaO} + 1464 * \rho_{SiO_2},$$

где $Q_{шО}$ – тепло образования соединений в шлаке , кДж;

ρ_{CaO} – количество CaO в шлаке, кг;

ρ_{SiO_2} – то же SiO₂, кг

$$Q_{шО} = 628 * 35 + 1464 * 33 = 70292 \text{ Дж} = 70,2 \text{ кДж}$$

5. Тепло от дожигания СО определяется из выражения

$$Q_{CO} = 101 * \rho_{CO} * \eta_{CO} * Z,$$

где Q_{CO} – химическое тепло окисления СО, кДж

ρ_{CO} – количество СО, образующегося при окислении углерода , кг;

η_{CO} – степень дожигания СО в полости конвертора, %;

Z – доля тепла, передаваемого конверторной ванне (0,1 – 0,3);

Зная количество образующегося при окислении углерода СО (g_{CO}) из таблицы 5 и степень дожигания СО в полости конвертера (η_{CO} , %) – из п.7, определяют приход тепла от дожигания СО по уравнению (36)

$$Q_{CO} = 101 * 0,75 * 75 * 0,1 = 568,12 \text{ Дж} = 0,56812 \text{ кДж}$$

Общий приход тепла определяется по формуле

$$Q_{\text{приход}} = Q_{\text{ч}} + Q_X + Q_{FeO} + Q_{шО} + Q_{CO}, \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{приход}} = 0,095381 + 0,97179 + 421,9 + 70,2 + 1,04 = 0,4942 \text{ кДж}$$

Расходные статьи теплового баланса

1. Физическое тепло жидкого металла определяется из выражения:

$$Q_M = (54,8 + 0,84 * t_M) * G_M,$$

где Q_M – теплосодержание жидкого металла, кДж;
 t_M – расчетная температура металла, °C;
 G_M – выход жидкого металла (см. п. 8), кг

$$Q_M = (54,8 + 0,84 \cdot 1660) \cdot 4,36 = 6318,5 \text{ Дж} = 6,31 \text{ кДж}$$

2. Физическое тепло шлака находится по уравнению:

$$Q_{\text{шл}} = (2,09 \cdot t_M - 1379) \cdot G_{\text{шл}},$$

где $Q_{\text{шл}}$ – теплосодержание жидкого шлака, кДж;
 $G_{\text{шл}}$ – количество образующегося шлака, кг

$$Q_{\text{шл}} = (2,09 \cdot 1660 - 1379) \cdot 498,5 = 1042064,4 \text{ Дж} = 1042,06 \text{ кДж}$$

3. Физическое тепло отходящих газов определяется по уравнению:

$$Q_G = (1,32 \cdot t_G - 220) \cdot (G_{CO} + G_{CO_2}),$$

где Q_G – теплосодержание образующихся газов, кДж;
 t_G – температура отходящих газов, °C (принимается из диапазона 1900-2100 °C);
 G_{CO} – количество образующегося CO, кг;
 G_{CO_2} – то же CO₂ (см. таблицу 10), кг

$$Q_G = (1,32 \cdot 2000 - 220) \cdot (9,62 + 8,67) = 44261,8 \text{ Дж} = 44,2 \text{ кДж}$$

4. Затраты тепла на разложение оксидов железа, поступающих в конвертер с неметаллическими материалами, определяются из выражения:

$$Q_{Fe} = 3707 \cdot \rho_{FeO}^{HM} + 5278 \cdot \rho_{Fe_2O_3}^{HM},$$

где Q_{Fe} – тепловой эффект от разложения оксидов железа неметаллических материалов, кДж;
 ρ_{FeO}^{HM} – количество FeO, поступившее в конвертер с неметаллическими материалами кг;
 $\rho_{Fe_2O_3}^{HM}$ – то же Fe₂O₃, кг

$$Q_{Fe} = 3707 \cdot 17 + 5278 \cdot 68 = 421923 \text{ Дж} = 421,9 \text{ кДж}$$

5. Потери тепла с выносами и выбросам определяются по уравнению:

$$Q_B = (54,8 + 0,84 \cdot t_{MC}) \cdot G_B,$$

где Q_B – потери тепла с выносами и выбросами, кДж;
 t_{MC} – средняя температура выбросов металла, °C (обычно наибольшие выносы и выбросы наблюдаются в период максимальной скорости окисления углерода, когда температура металла находится в интервале 1500-1600 °C);
 G_B – общее количество выносов и выбросов, кг

$$Q_B = (54,8 + 0,84 \cdot 1500) \cdot 100 = 137986,6 \text{ Дж} = 131,48 \text{ кДж}$$

6. Затраты тепла на пылеобразование определяются по уравнению:

$$Q_d = (54,8 + 0,84 \cdot t_G) \cdot G_p,$$

где Q_d – затраты тепла на пылеобразование, кДж;

G_p – общее количество пыли, кг

$$Q_d = (54,8 + 0,84 \cdot 2000) \cdot 0,0003 = 0,52 \text{ кДж}$$

7. Тепло на разложение карбонатов определяется из соотношения:

$$Q_k = 4038 \cdot G_{ик}$$

где Q_k – тепло, затрачиваемое на разложение карбонатов (на обжиг недоразложившегося известняка в извести - недопала), кДж;

$G_{ик}$ – количество CO_2 в извести (от разложения $CaCO_3$ из таблицы 10), кг

$$Q_k = 4038 \cdot 5 = 20190 \text{ Дж} = 20,19 \text{ кДж}$$

Таблица 1 – Тепловой баланс плавки в конвертере с верхней продувкой

Приход тепла			Расход тепла		
Статьи прихода	Количество		Статьи расхода	Количество	
	кДж	%		кДж	%
Физическое тепло жидкого чугуна	95,3	2,2	Физическое тепло жидкого металла	6,3	0,3
Тепловой эффект реакций окисления	971,7	22,8	Физическое тепло шлака	1042,06	59,4
Химическое тепло образования оксидов железа шлака	421,9	9,9	Затраты тепла на разложение оксидов железа неметаллических материалов	44,2	2,5
Тепловой эффект реакций шлакообразования	70,2	1,6	Физическое тепло отходящих газов	421,9	24
Тепло дожигания СО	568,12	13,3	Потери тепла с выносами и выбросами	131,48	7,5
			Затраты тепла на пылеобразование	0,52	0,02
			Тепло на разложение карбонатов	20,19	1,15
			Тепловые потери	85	4,8
Итого	2127,22	100	Итого	1751,6	100

8. Тепловые потери. В эту статью (Q_p) включают все виды тепловых потерь и неучтенные статьи расхода тепла. Обычно они составляют 2-4 % от общего прихода тепла. Тогда тепловые потери определяются из выражения:

$$Q_p = Q_{\text{приход}} \cdot \delta / 100,$$

где Q_p – тепловые потери, кДж;

δ – потери тепла в % общего прихода тепла

$$Q_p = 4524,72 / 100 = 85 \text{ кДж}$$

Общий расход тепла находят из выражения:

$$Q_{\text{расход}} = Q_M + Q_{ШЛ} + Q_G + Q_{Fe} + Q_B + Q_D + Q_K + Q_P,$$

$$Q_{\text{расход}} = 6,3 + 1042,06 + 44,2 + 421,9 + 131,48 + 0,52 + \\ + 20,19 + 85 = 1751,6 \text{ кДж}$$

Тема 1.4 Внепечная обработка стали

Практическое занятие №9. Расчет раскисления и легирования металла в ковше

Цель: Научиться рассчитывать количество раскислителей и легирующих материалов, необходимых для доводки стали до заданного химического состава в сталеразливочном ковше (внепечная обработка).

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошхты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Химические составы ферросплавов (ферросилиций, ферромарганец, феррохром, алюминий, силикокальций и др.);

Калькулятор;

ГОСТ на заданную марку стали.

Задание:

Рассчитать необходимое количество каждого ферросплава для доводки стали до заданной марки

Рассчитать массу алюминия для раскисления (с учётом остаточного кислорода в стали после выпуска – принять содержание $O_2 \approx 0,005\%$).

Заполнить протокол доводки стали в ковше.

Порядок выполнения работы:

1 Определите требуемое повышение содержания каждого элемента:

2 Рассчитайте массу чистого элемента, необходимую для всей плавки:

3 Рассчитайте массу ферросплава с учётом содержания элемента и усвоения:

4 Аналогично выполните расчёт для Mn, Cr и Al (для алюминия – по реакции раскисления, принять, что на 1 кг Al связывается $\sim 0,9$ кг O_2 ; исходное $O_2 = 0,005\%$ от 120 т = 6 кг O_2 ; с учётом усвоения 30%: $m(Al) = 6 / (0,30 \times 0,9) \approx 22,2$ кг).

5 Оцените тепловой эффект – если задано – рассчитайте изменение температуры по эмпирическим формулам или данным о теплоте растворения ферросплавов (в упрощённом варианте можно указать, что введение ферросплавов снижает температуру на 5–15°C и требует компенсации подогревом ковша или продувкой кислородом).

6 Сравнить с требуемой и сделать вывод.

Форма представления результата:

Отчёт содержит расчёт повышения содержания каждого элемента; расчёт массы ферросплавов (с формулами и подстановками); вывод о соответствии полученного состава требованиям ГОСТ и рекомендации по режиму обработки.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Практикой выработался определенный режим введения раскислителей в ковш, обеспечивающий наиболее полное их усвоение. Требования к введению раскислителей в ковш сводятся к следующим основным положениям:

1. Наиболее полное растворение раскисляющих добавок в металл происходит в том случае, если они вводятся в металл равномерно или небольшими порциями в период, когда количество металла в ковше возрастает от 20 до 50%.

2. Сначала в металл вводится марганец, имеющий относительно невысокое сродство к кислороду, затем кремний и в последнюю очередь алюминий, являющийся наиболее сильным раскислителем.

3. При расчете расхода ферросплавов для раскисления и легирования необходимо учитывать остаточное содержание в металле после продувки тех элементов, которые вносятся ферросплавами, а также учитывать их угар.

Расход ферросплавов определяется по формуле:

$$G_{\phi} = \frac{100 \cdot G_m \cdot ([E]_c + [E]_m)}{[E]_{\phi} \cdot (100 - U_e)},$$

где G_{ϕ} – расход ферросплава, кг;

$[E]_c$ – среднее содержание элемента (марганца или кремния) в заданной марке стали, %;

$[E]_m$ – остаточное содержание элемента в металле в конце продувки, %;

$[E]_{\phi}$ – содержание элемента в ферросплаве, %;

U_e – угар элемента при раскислении, % (выбирается из таблицы 15)

$$G_{\phi} = \frac{100 \cdot 4,36 \cdot (0,406 + 0,77)}{50 \cdot (100 - 25)} = 0,136 \text{ кг};$$

2.9 Расчет расходов материалов на всю плавку и выхода продуктов плавки

По данным о выходе годного металла из таблицы 1 (G_M) и заданной садке конвертера – G определяют расход металлошихты на плавку ($G_{МШ}$):

$$G_{МШ} = G * \frac{100}{G_M}, \text{ т}$$

$$G_{МШ} = 370 * \frac{100}{4,36} = 8486,3 \text{ т}$$

Зная состав металлошихты, а именно содержание в ней чугуна ($G_Ч$, %) и лома ($G_Л$, %), определяют расходы чугуна и лома на плавку:

$$\sum G_Ч = G_{МШ} * \frac{G_Ч}{100}, \text{ т}$$

$$\sum G_Ч = 8486,3 * \frac{62,64}{100} = 5315,7 \text{ т};$$

$$\sum G_Л = G_{МШ} * \sum G_Ч \text{ т};$$

$$\sum G_Л = 8486,3 * 5315,7 = 4,511 \text{ т}$$

Расход других твердых материалов или выход жидких продуктов плавки определяют по формуле:

$$G_i = G_{МШ} * \frac{\rho_i}{100},$$

где G_i – расход любого твердого материала (выход жидкого продукта плавки), т;

ρ_i – то же, кг/100кг металлошихты или %

$$G_i = 8486,3 * \frac{43,60}{100} = 369998,32 \text{ т}$$

Для газообразных материалов эта формула имеет вид:

$$G_Г = 10 * G_{МШ} * \rho_Г,$$

где $G_Г$ – расход (выход) газа, м³;

$\rho_Г$ – то же, м³/100кг металлошихты

$$G_Г = 10 * 8486,3 * 1,07 = 90803,4 \text{ м}^3$$

Определение удельной интенсивности продувки, продолжительности плавки и производительности агрегата

Удельная интенсивность продувки $i_{уд}$, м³/(т·мин) определяется как отношение заданной интенсивности продувки (i , м³/мин, см. Приложение А) к массе выплавленной стали ($G_{ст}$)

$$i_{уд} = \frac{i}{G_{ст}},$$
$$i_{уд} = \frac{1600}{100} = 16 \text{ м}^3/(\text{т} * \text{мин})$$

Таблица 1 – Технологические операции конверторной плавки и их продолжительность

Технологическая операция (период) конвертерной плавки	Время периода, мин	
	Наблюдаемое	Выбор
1. Осмотр и подготовка конвертера к работе	1-10	
2. Загрузка лома	2-6	
3. Подача первой порции сыпучих материалов	0-2	
4. Заливка чугуна	2-6	
5. Продувка	расчет	
6. Повалка конвертера, отбор проб металла, шлака, измерение температуры	3-6	
7. Выпуск металла, раскисление, легирование	4-9	
8. Слив шлака	2-4	
9. Неучтенные операции и задержки	0-5	
Итого	30-50	

Продолжительность основного технологического периода плавки – продувки, определяют как время, необходимое для вдувания в конвертер расчетного количества кислорода. Зная потребность в дутье на плавку и заданную интенсивность продувки определяют продолжительность продувки:

$$\tau_{\text{прод}} = \frac{G_{\text{дутья}}}{i}, \text{ мин}$$

$$\tau_{\text{прод}} = \frac{11500}{1600} = 7,18 \text{ мин}$$

Годовую производительность конвертера определяют по формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{1440 * N * G_{\text{ст}}}{T_{\text{пл}}},$$

где P_{Γ} – годовая производительность конвертера, т;

1440 – число минут в сутках;

N – число рабочих дней в году;

$G_{\text{ст}}$ – выход жидкой стали после раскисления, т;

$T_{\text{пл}}$ – продолжительность плавки, мин (по данным таблицы 10)

$$P_{\Gamma} = \frac{1440 * 180 * 100}{37,18} = 697149 \text{ т}$$

Чтобы обеспечить стабильную производительность цеха, равную максимальной производительности одного конвертера, в цехе необходимо иметь два конвертера: один работает, а другой находится в ремонте или резерве.

Химический состав раскислителей

Ферросплав	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Al, %	S, %	P, %	Ni, %	Cu, %	V, %
Кокс	87	0	0	0	0	0,5	0,02	0	0	0
Коксик	96	0	0	0	0	0,4	0,02	0	0	0
Лом меди	0	1	1	0	0	0	0	1	90	0
НЗ	0,1	0	0	0	0	0,03	0	98	0,6	0
Н4	0,15	0	0	0	0	0,04	0	98	1	0
ФН4	0,15	0	0	0	0	0,03	0	6	1	0
ФН3	0,16	0	0	0	0	0,03	0	15	1	0
ФН2	0,17	0	0	0	0	0,03	0	20	1	0
ФН1	0,18	0	0	0	0	0,03	0	25	1	0
ФСХ18	4,5	0	30	40	0	0,02	0,03	0	0	0
ФСХ30	0,9	0	30	40	0	0,02	0,03	0	0	0
ФСХ40	0,2	0	41	35	0	0,02	0,03	0	0	0
ВД1	0,75	2	2	0	1	0,1	0,1	0	0	38
ВД2	0,75	2	3	0	1,5	0,1	0,2	0	0	38
ВД3	1	2	3,5	0	2	0,15	0,25	0	0	38
ФВД75	0,1	2,7	0,8	2	0	0,1	0,1	0	0	75
ФВД50	0,3	5	2	1	0	0,1	0,1	0	0	50
ФВД35	0,75	2	3	1	0	0,1	0,1	0	0	35
А5	0	0,03	0,3	0,03	99,5	0	0	0,03	0,02	0
А6	0	0,03	0,4	0,03	99,6	0	0	0,03	0,01	0
АВ86	0	0,03	5	0	86	0	0	0,03	4	0
АВ88	0	0,03	4	0	88	0	0	0,03	4	0
АВ92	0	0,03	1	0	92	0	0	0,03	3	0
АВ97	0	0,03	1	0	97	0	0	0,03	0,1	0
ФХ650	6,5	0	2	65	0	0,06	0,04	0	0	0
ФХ800	8,0	0	2	65	0	0,06	0,04	0	0	0
ФХ100	1	0	2	65	0	0,04	0,04	0	0	0
ФХ200	2	0	2	65	0	0,04	0,04	0	0	0
ФХ010	0,10	0	1,5	65	0	0,03	0,03	0	0	0
ФХ015	0,15	0	1,5	65	0	0,03	0,03	0	0	0
ФХ025	0,25	0	2,0	65	0	0,03	0,03	0	0	0
СМн14	2,5	65	15,5	0	0	0,03	0,2	0	0	0
СМн17	1,7	65	18,5	0	0	0,03	0,1	0	0	0
СМн26	1,0	65	26,0	0	0	0,03	0,1	0	0	0
ФС25	0,8	0,9	25,0	0,6	1	0,03	0,06	0	0	0
ФС45	0,2	0,6	45,0	0,5	2	0,03	0,05	0	0	0
ФС65	0,10	0,4	65,5	0,4	2,5	0,03	0,05	0	0	0
ФС75	0,05	0,3	75,0	0,4	2,5	0,03	0,05	0	0	0
ФС90	0	0,2	90,0	0,3	3,0	0,02	0,03	0	0	0
МР1	0,08	97	0,7	0	0	0	0,05	0	0	0
МР2	0,18	96	1,7	0	0	0	0,05	0	0	0
МН7	7	70	0,9	0	0	0,03	0,35	0	0	0
МН6	7	72,5	1,8	0	0	0,03	0,35	0	0	0
МН5	7	75,5	1,8	0	0	0,03	0,35	0	0	0
ФМн0,5	0,5	90	2	0	0	0,03	0,3	0	0	0
ФМн1	1	90	2	0	0	0,03	0,3	0	0	0
ФМн1,5	1,5	90	2,5	0	0	0,03	0,3	0	0	0
ФМн75	7	75	2	0	0	0,03	0,45	0	0	0
ФМн75К	7	76	1	0	0	0,03	0,45	0	0	0
ФМн78К	7	80	1	0	0	0,03	0,35	0	0	0

Тема 1.4 Внепечная обработка стали

Практическое занятие №10. Расчет модифицирования неметаллических включений

Цель: Научиться рассчитывать количество модификатора (например, силикокальция, редкоземельных металлов, алюминия) для обработки жидкой стали с целью изменения морфологии и снижения вредного влияния неметаллических включений на механические свойства.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Химические составы модификаторов (силикокальций – SiCa, ферроцерий, алюминий и др.);

Нормы расхода модификаторов на 1 т стали (в зависимости от типа включений);

Методические указания по расчёту;

Калькулятор.

Задание:

Определить тип и форму включений, подлежащих модифицированию.

Выбрать модификатор: силикокальций (SiCa) для сфероидизации сульфидов и рафинирования от глинозёма.

Рассчитать расход силикокальция на основе содержания серы и кислорода (по стехиометрии реакций) и с учётом типовых норм (расход Ca для связывания S и O₂).

Оценить изменение состава и морфологии включений (теоретически – по диаграммам состояния или по правилу «Ca/S»).

Заполнить протокол модифицирующей обработки.

Порядок выполнения работы:

1 Определите требуемое повышение содержания каждого элемента:

2 Рассчитайте массу чистого элемента, необходимую для всей плавки:

3 Рассчитайте массу ферросплава с учётом содержания элемента и усвоения:

4 Аналогично выполните расчёт для Mn, Cr и Al (для алюминия – по реакции раскисления, принять, что на 1 кг Al связывается ~0,9 кг O₂; исходное O₂ = 0,005% от 120 т = 6 кг O₂; с учётом усвоения 30%: $m(Al) = 6 / (0,30 \times 0,9) \approx 22,2$ кг).

5 Оцените тепловой эффект – если задано – рассчитайте изменение температуры по эмпирическим формулам или данным о теплоте растворения ферросплавов (в

упрощённом варианте можно указать, что введение ферросплавов снижает температуру на 5–15°C и требует компенсации подогревом ковша или продувкой кислородом).

6 Сравнить с требуемой и сделать вывод.

Форма представления результата:

Отчёт содержит расчёт повышения содержания каждого элемента; расчёт массы ферросплавов (с формулами и подстановками); вывод о соответствии полученного состава требованиям ГОСТ и рекомендации по режиму обработки.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Модифицирование – это изменение формы неметаллических включений для получения глобулярных, легко всплываемых частиц при перемешивании металла.

Для модифицирования неметаллических включений широкоприменяются кальцийсодержащие материалы. Воздействие кальция определяется его физико-химическими свойствами:

Относительная атомная масса, г	40,08
Атомный радиус, нм	0,197
Радиус иона, нм	0,107
Плотность, кг/м ³	1540
Температура плавления, °C	851
Температура кипения, °C	1487
Теплота плавления, кДж/кг	328,66
Теплота парообразования, кДж/моль	150,0

В связи с высокой активностью кальция, как правило, используют в виде сплавов с кремнием. В таблице 10 приведены теплофизические свойства силикокальция.

В настоящее время активно развивается технология обработки стали силикокальцием в виде порошковой проволоки, которая обеспечивает увеличение усвоения кальция до 15 – 25 % [2]. Проволока состоит из оболочки мягкой стали с герметически заключенным в ней присадочным элементом порошкообразного вида. При диаметре проволоки 10 – 16 мм масса порошка в одном метре ее длины составляет от 60 до 500 г. Скорость погружения проволоки в среднем равна 3 – 5 м/с.

Таблица 1 – Теплофизические свойства силикокальция

Марка	Температурный интервал плавления, К	Плотность, т/м ³	Удельная теплоемкость, Дж/кг·К	Теплота плавления, кДж/кг	Теплопроводность, Вт/м·К	Коэффициент температуропроводности, 10 ⁻³ м ² /с
СК15	1363-1523	3,47	614	1080	17,0	8,0
СК30	1323-1443	2,51	790	1160	7,6	3,8

Силикокальциевая проволока используется также для улучшения качества поверхности и макроструктуры заготовок; повышения ударной вязкости, пластических свойств, хладостойкости, улучшения анизотропии свойств; снижения водородного растрескивания высокопрочной стали, улучшения коррозионной стойкости и обрабатываемости стали. Расход силикокальциевой проволоки колеблется от 0,5 до 3 кг/т стали; для обеспечения необходимой эффективности обработки соотношение [Ca]/[Al] должно быть в пределах 0,06 – 0,14.

Для расчета количества и состава неметаллических включений необходимо определить температурный интервал затвердевания стали, К:

$$T_{\text{ликв}} = 1812 - (80[C] + 7,5[Mn] + 20[Si] + 34[S] + 94[P] + 17,4[Nb] + 3,5[Ni]),$$

$$T_{\text{сол}} = 1812 - (410[C] + 20[Mn] + 18,6[Si] + 940[S] + 184[P] + 4[Cr] + 6,5[Ni]),$$

где [C], [Si], [Mn], [P], [S], [Cr], [Ni], [Nb] – содержание углерода, кремния, марганца, фосфора, серы, хрома, никеля и ниобия в стали, %

Далее рассчитываются значения равновесных концентраций кислорода с каждым из элементов-раскислителей при $T_{\text{ликв}}$ [3]:

$$([O]_i^{\text{ликв}}) = \frac{K_i}{([C_i])},$$

где K_i – константа равновесия i -ого элемента-раскислителя при $T_{\text{ликв}}$;

C_i – концентрация i -ого элемента в металле, %.

$$\lg K_{\text{Mn}} = -\frac{10900}{T_{\text{ликв}}} + 4,06$$

$$\lg K_{\text{Si}} = -\frac{27860}{T_{\text{ликв}}} + 10,28$$

$$\lg K_{\text{Al}} = -\frac{62780}{T_{\text{ликв}}} + 20,17$$

Содержание кислорода в стали на выпуске из сталеплавильного агрегата определяется по уравнению:

$$a_0 = 0,00252 + 0,0032/[C]$$

Таким образом, присадка в сталь i-ого элемента - раскислителя приведет к связыванию некоторого количества кислорода в процессе раскисления:

$$\Delta[O]_i = a_0 - [O]_{ликв,i}$$

При этом образуется следующее количество неметаллических включений типа $(Me_xO_y)_i$, %:

$$M_{(Me_xO_y)_i} = \frac{\Delta[O]_i \cdot B_{(Me_xO_y)_i}}{B_o}$$

где $B_{(Me_xO_y)_i}$ – молекулярная масса оксида $(Me_xO_y)_i$ г;

B_o – масса кислорода в оксиде $(Me_xO_y)_i$, г.

Содержание кислорода при присадке следующего раскислителя (i+1) уменьшится на величину:

$$\Delta[O]_{i+1}^{ликв} = [O]_i^{ликв} - [O]_{i+1}^{ликв}$$

Общее количество и состав образующихся докристаллизационных неметаллических включений при условии, что процессы взаимодействия растворенного кислорода с элементами-раскислителями проходят последовательно, рассчитываются на 1 т стали, кг:

$$M_{\Sigma} = (M_{(Me_xO_y)_1} + M_{(Me_xO_y)_2} + \dots + M_{(Me_xO_y)_n}) \cdot \frac{1000}{100}$$

Состав образовавшихся докристаллизационных неметаллических включений определяется следующим образом, %:

$$m_{(Me_xO_y)_i} = \frac{M_{(Me_xO_y)_i}}{M_{\Sigma}} \cdot 100$$

Далее рассчитывается количество и состав послекристаллизационных неметаллических включений.

В двухфазной области между $T_{ликв}$ и $T_{сол}$ определяется изменение концентрации кислорода:

$$\Delta[O]_{послекр} = [O]^{ликв} - [O]^{сол}$$

После определения количества и состава неметаллических включений необходимо определить количество вводимого кальция для модифицирования стали.

Количество вводимого кальция можно рассчитать исходя из выполнения соотношения $[Ca]/[Al]=0,06-0,14$:

$$Q_{Ca} = ((0,06 \div 0,14) \cdot [Al]/100) \cdot M$$

где $[Al]$ – содержание алюминия в металле, %;

M – масса обрабатываемой стали, кг.

Количество силикокальция, необходимое для модифицирования, кг:

$$Q_{\text{СК}} = \frac{Q_{\text{Ca}}}{C_{\text{Ca}}}$$

где C_{Ca} – содержание кальция в порошковой проволоке, доли ед.

Количество проволоки, необходимой на обработку расплава составляет, м:

$$L_{\text{пл}} = \frac{Q_{\text{СК}}}{(0,265 \div 0,315)}$$

где 0,265-0,315 – коэффициент наполнения проволоки, кг/м.

Пример. Рассчитать длину порошковой проволоки, необходимой для модифицирования 148 т стали марки 15ХСНД. Последовательно в расплав для раскисления ввели FeMn, FeSi и Al. Химический состав готовой стали: 0,15 % C, 0,60 % Mn, 0,60 % Si, 0,030 % P, 0,030 % S, 0,03 % Al, 0,45 % Ni, 0,8 % Cr, 0,3 % Cu. Содержание углерода в металле перед раскислением составляет 0,10 %.

Содержание кислорода в стали на выпуске из сталеплавильного агрегата равно:

$$[\text{O}] = 0,00252 + \frac{0,0032}{0,10} = 0,035 \%$$

Определение температур ликвидуса и солидуса:

$$\begin{aligned} T_{\text{ликв}} &= 1812 - (80 \cdot 0,15 + 7,5 \cdot 0,60 + 20 \cdot 0,60 + 34 \cdot 0,030 + 94 \cdot 0,030 + 3,5 \cdot 0,45) = 1778 \text{ K}; \\ T_{\text{сол}} &= 1812 - (410 \cdot 0,15 + 20 \cdot 0,60 + 18,6 \cdot 0,60 + 940 \cdot 0,030 + 184 \cdot 0,030 + 4 \cdot 0,8 + 6,5 \cdot 0,45) = 1688 \text{ K}. \end{aligned}$$

Расчет количества докристиализационных неметаллических включений.

Раскисление марганцем

Определяем количество кислорода, равновесное с 0,60 % Mn при $T_{\text{ликв}}$:

$$\lg K_{\text{Mn}} = -\frac{10900}{1778} + 4,06 = -2,07; \quad K_{\text{Mn}} = 8,5 \cdot 10^{-3};$$

$$[\text{O}]_{\text{Mn}}^{\text{ликв}} = \frac{8,5 \cdot 10^{-3}}{0,60} = 0,014 \%$$

Количество кислорода, связанного при присадке в сталь марганца:

$$\Delta[\text{O}]_{\text{Mn}} = 0,035 - 0,014 = 0,021 \%$$

При этом образуется следующее количество неметаллических включений типа MnO:

$$M_{\text{MnO}} = \frac{0,021 \cdot 71}{16} = 0,09 \%$$

Раскисление кремнием

Определяем содержание кислорода, равновесное с 0,60 % Si при $T_{\text{ликв}}$:

$$\lg K_{\text{Si}} = -\frac{27860}{1778} + 10,28 = -5,39; \quad K_{\text{Si}} = 4,1 \cdot 10^{-6};$$

$$[\text{O}]_{\text{Si}}^{\text{ликв}} = \sqrt{\frac{K_{\text{Si}}}{[\text{Si}]}} = \sqrt{\frac{4,1 \cdot 10^{-6}}{0,60}} = 0,003 \%$$

Следовательно, в неметаллические включения типа SiO_2 дополнительно будет связано кислорода:

$$\Delta[\text{O}]_{\text{Si}}^{\text{ликв}} = 0,014 - 0,003 = 0,011 \text{ \% масс}$$

Количество докристаллизационных неметаллических включений типа SiO_2 :

$$M_{\text{SiO}_2} = \frac{0,011 \cdot 60}{32} = 0,021 \text{ \%}$$

Раскисление алюминием

Определяем содержание кислорода, равновесное с 0,03 % Al при $T_{\text{ликв}}$:

$$\lg K_{\text{Al}} = -\frac{62780}{1778} + 20,17 = -15,14; \quad K_{\text{Al}} = 0,7 \cdot 10^{-15};$$

$$[\text{O}]_{\text{Al}}^{\text{ликв}} = \sqrt[3]{\frac{K_{\text{Al}}}{[\text{Al}]^2}} = \sqrt[3]{\frac{0,7 \cdot 10^{-15}}{0,03^2}} = 0,00009 \text{ \%}$$

При вводе алюминия расплав будет глубоко раскислен, содержание кислорода при этом изменится так:

$$\Delta[\text{O}]_{\text{Al}}^{\text{ликв}} = 0,003 - 0,00009 = 0,0029 \text{ \%}$$

Количество докристаллизационных неметаллических включений типа Al_2O_3 составит:

$$M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{0,0029 \cdot 102}{48} = 0,006 \text{ \%}$$

Общее количество образующихся докристаллизационных неметаллических включений в расчете на 100 кг стали будет равно:

$$m_{\Sigma} = (0,09 + 0,021 + 0,006) = 0,117 \text{ кг}$$

Состав образовавшихся докристаллизационных неметаллических включений следующий:

$$M_{\text{MnO}} = \frac{0,09}{0,117} \cdot 100 = 76,9 \text{ \%}$$

$$M_{\text{SiO}_2} = \frac{0,021}{0,117} \cdot 100 = 18,0 \text{ \%}$$

$$M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{0,006}{0,117} \cdot 100 = 5,1 \text{ \%}$$

Расчет количества послекристаллизационных неметаллических включений

При температуре ликвидус минимальный уровень концентрации кислорода определяется равновесием с 0,03 % Al и составляет $[\text{O}]_{\text{Al}}^{\text{ликв}} = 0,00009 \text{ \% масс}$. В двухфазной области между $T_{\text{ликв}}$ и $T_{\text{сол}}$ изменение концентрации кислорода будет определяться разницей:

$$\Delta[\text{O}]_{\text{посткр}} = [\text{O}]_{\text{Al}}^{\text{ликв}} - [\text{O}]_{\text{Al}}^{\text{сол}}.$$

Рассчитаем значение $[\text{O}]_{\text{Al}}^{\text{сол}}$ по уравнению:

$$\lg K_{Al} = -\frac{62780}{1688} + 20,17 = -17,02; \quad K_{Al} = 9,5 \cdot 10^{-18};$$

$$[O]_{Al}^{сол} = \sqrt[3]{\frac{K_{Al}^{сол}}{[Al]^2}} = \sqrt[3]{\frac{9,5 \cdot 10^{-18}}{0,03^2}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \%$$

Изменение концентрации кислорода в двухфазной области (между $T_{ликв}$ и $T_{сол}$) составит:

$$\Delta[O]_{послекр} = [O]_{Al}^{ликв} - [O]_{Al}^{сол} = (0,00009 - 0,000022) = 6,8 \cdot 10^{-5} \%$$

Количество послекристаллизационных неметаллических включений, состоящих только из Al_2O_3 , составит:

$$M_{Al_2O_3} = \frac{6,8 \cdot 10^{-5} \cdot 102}{48} = 0,00014 \%$$

В данном расчете в качестве модификатора используем силикокальций СК30 (30 % Ca). Способ присадки: порошковая проволока диаметром 10 – 16 мм, присаживается с помощью трайб-аппарата, скорость ввода 3-5 м/с.

Содержание алюминия в металле $[Al] = 0,03\%$, следовательно, кальция нужно ввести в металл 0,003% ($[Ca]/[Al] = 0,1$).

Таким образом, на 148 т металла потребуется кальция:

$$[Ca] = \frac{0,003}{100} \cdot 148000 = 4,44 \text{ кг}$$

Количество СК30, необходимого для модифицирования:

$$Q_{СК30} = \frac{4,44}{0,3} = 14,8 \text{ кг}$$

На обработку понадобится при наполнении проволоки 0,265 кг/м:

$$L_{пп} = \frac{14,8}{0,265} = 56 \text{ м}$$

Так как проволока усваивается не вся, то её расход увеличивается, и при коэффициенте усвоения 25 % составляет

$$L_{пп}^{факт} = \frac{56}{0,25} = 224 \text{ м}$$

Тема 1.4 Внепечная обработка стали
Практическое занятие №11. Исследование материалов. Анализ связи между
структурой сталей и диаграммой состояния железо – цементит

Цель: Научиться анализировать связь между химическим составом, структурой и свойствами сталей на основе диаграммы состояния железо – цементит ($\text{Fe-Fe}_3\text{C}$), а также определять фазовый и структурный состав сплавов в зависимости от температуры и концентрации углерода

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Диаграмма состояния железо – цементит ($\text{Fe-Fe}_3\text{C}$) в виде плаката или раздаточного материала;

Микрофотографии структур различных сталей (феррит, перлит, сорбит, троостит, мартенсит и др.);

Таблицы механических свойств сталей в зависимости от содержания углерода и структуры;

Задание:

По диаграмме состояния железо – цементит определить для каждой стали:

- температуры начала и конца кристаллизации (ликвидус и солидус);
- температуры фазовых превращений в твёрдом состоянии (критические точки A_1 , A_3 , A_{cm});
- структурный состав при комнатной температуре.

Для каждой стали определить количественное соотношение структурных составляющих (например, содержание перлита и феррита/цементита) по правилу отрезков (рычага).

Установить связь между содержанием углерода, структурой и механическими свойствами (твёрдость, прочность, пластичность).

Для стали определить структуру при нагреве до температур: 600°C , 800°C , 1000°C , и после медленного охлаждения.

Сделать вывод о влиянии углерода на структуру и свойства сталей, а также о возможности применения термической обработки для изменения структуры

Порядок выполнения работы:

1 Изучите диаграмму состояния железо – цементит. Обратите внимание на:

- оси координат (температура и содержание углерода);
- линии ликвидус и солидус;
- критические точки и линии фазовых превращений (A_1 , A_2 , A_3 , A_{cm});
- области существования фаз (жидкость, феррит, аустенит, цементит);
- эвтектическое и эвтектоидное превращения.

2 Определите структурный состав сталей при комнатной температуре:

- Сталь 10 (0,10% C) – доэвтектоидная сталь: структура феррит + перлит.
- Сталь 45 (0,45% C) – доэвтектоидная сталь: структура феррит + перлит (с большим содержанием перлита).
- Сталь У8 (0,80% C) – эвтектоидная сталь: структура перлит.
- Сталь У12 (1,20% C) – заэвтектоидная сталь: структура перлит + цементит вторичный.

3 Рассчитайте количественное соотношение структурных составляющих по правилу отрезков (для доэвтектоидных сталей):

- Сталь 10 (0,10% C):
- Содержание перлита: $(0,10 / 0,80) \times 100\% = 12,5\%$
- Содержание феррита: $100\% - 12,5\% = 87,5\%$
- Сталь 45 (0,45% C):
- Содержание перлита: $(0,45 / 0,80) \times 100\% = 56,25\%$
- Содержание феррита: $100\% - 56,25\% = 43,75\%$
- Сталь У12 (1,20% C) – заэвтектоидная:
- Содержание цементита вторичного: $((1,20 - 0,80) / (6,67 - 0,80)) \times 100\% \approx 6,8\%$
- Содержание перлита: $100\% - 6,8\% = 93,2\%$

4 Сделайте вывод о влиянии углерода на структуру и свойства сталей, а также о возможности применения термической обработки (закалка, отпуск) для изменения структуры и свойств.

Форма представления результата:

Отчёт содержит расчёт повышения содержания каждого элемента; расчёт массы ферросплавов (с формулами и подстановками); вывод о соответствии полученного состава требованиям ГОСТ и рекомендации по режиму обработки.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» – все расчёты и определения выполнены верно для всех четырёх сталей, правильно определены критические точки и структуры, количественные соотношения рассчитаны без ошибок, анализ превращений при нагреве выполнен полностью, вывод аргументирован и содержит практические рекомендации, оформление по стандарту, сдано в срок.

Оценка «хорошо» – допущены 1–2 негрубые ошибки (например, неверно определена одна критическая точка или допущена арифметическая ошибка в расчёте соотношения фаз), но общий анализ корректен, вывод сделан, но недостаточно детален, оформление с мелкими недочётами.

Оценка «удовлетворительно» – расчёты выполнены с ошибками (более 2), неверно определены структуры для одной-двух сталей, анализ превращений при нагреве выполнен частично, вывод отсутствует или не соответствует результатам.

Оценка «неудовлетворительно» – расчёты не выполнены или выполнены полностью неверно, структуры не определены, работа не сдана в срок.

Краткие теоретические сведения:

Сплавы с содержанием углерода до 0,2 % называются техническим железом, от 0,02 % до 0,8 % C – доэвтектоидными сталями и от 0,8 % до 2,14 % – заэвтектоидными. Сплав с содержанием 0,8 %C называется эвтектоидной сталью.

Микроструктура доэвтектоидной стали (от 0,8 % C) состоит из феррита и перлита. Феррит – твердый раствор углерода в α – железе (светлые участки на микрошлифе).

Перлит – это эвтектоид – механическая смесь феррита и цементита. Имеет полосчатое строение на микрошлифе (темные участки). С увеличением содержания углерода количество феррита уменьшается, а количество перлита увеличивается (Рис. 1.).

Цементит – химическое соединение железа с углеродом Fe_3C .

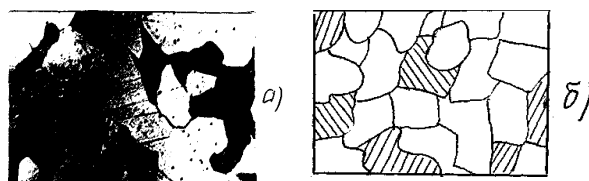


Рис. 1. Микроструктура (а) и схема (б) доэвтектоидной стали

Микроструктура эвтектоидной стали (0,8 % С) состоит из одного перлита.

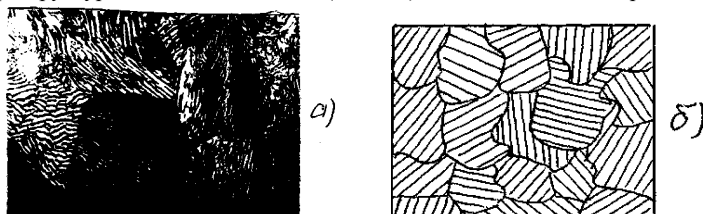


Рис. 2. Микроструктура (а) и схема (б) эвтектоидной стали

Микроструктура заэвтектоидной стали (с содержанием углерода от 0,8 % до 2,14 %) состоит из перлита и вторичного цементита. Вторичный цементит выделяется из аустенита при охлаждении от температуры A_{cm} (линия SE) до температуры A_1 (линия PSK) (Рис. 4.). При медленном охлаждении вторичный цементит выделяется в виде сетки по границам зерен аустенита. При достижении температуры A_1 аустенит превращается в перлит. Таким образом, заэвтектоидная сталь после медленного охлаждения имеет структуру перлита и сетку цементита (Рис. 3). Чем больше углерода, тем более массивная цементитная сетка.

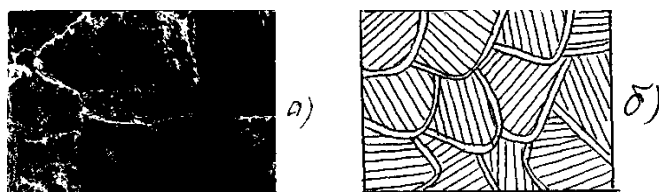


Рис. 3. Микроструктура (а) и схема (б) заэвтектоидной стали

Микроструктура белых чугунов

В белых чугунах весь углерод находится в связанном состоянии, т.е. в виде цементита. Белый чугун в зависимости от содержания углерода разделяется на

доэвтектический (от 2,14 %C до 4,3 % C), эвтектический (4,3 % C) и заэвтектический (от 4,3% до 6,67 % C).

Во всех белых чугунах имеется цементитная эвтектика – ледебурит.

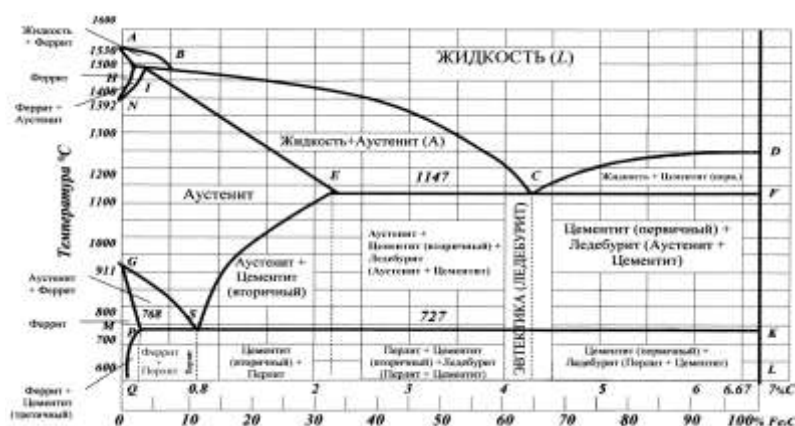


Рис. 4. Диаграмма состояния железо-цементит

Микроструктура эвтектического чугуна состоит только из одного ледебурита (цементитной эвтектики), образующегося при 1147°C при эвтектической кристаллизации жидкого сплава с содержанием 4,3 %C и состоящего из эвтектического цементита и аустенита. При последующем охлаждении вследствие уменьшения растворимости углерода в аустените из аустенита выделяется вторичный цементит. Вторичный цементит сливается с цементитом эвтектическим. При 727°C эвтектика состоит из цементита (эвтектического и вторичного) и аустенита с содержанием 0,8 %C. При этой температуре аустенит превращается в перлит. Таким образом, после полного охлаждения ледебурит состоит из цементита и перлита (Рис. 5).

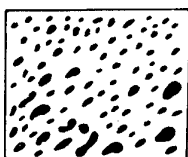


Рис. 5. Схема эвтектического чугуна (C 4,3 %)

Доэвтектический белый чугун после полного охлаждения состоит из «ледебурита + перлита + вторичного цементита». Вторичный цементит в структуре сливается с цементитом ледебурита. Поэтому можно считать, что структура доэвтектических чугунов состоит из ледебурита и перлита (Рис. 6).

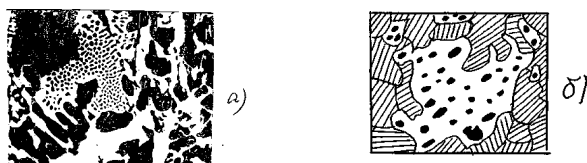


Рис. 6. Микроструктура (а) и схема (б) доэвтектического чугуна

Микроструктура заэвтектического белого чугуна (от 4,3 %С до 6,67 % С) состоит из ледебурита и первичного цементита (Рис. 7).

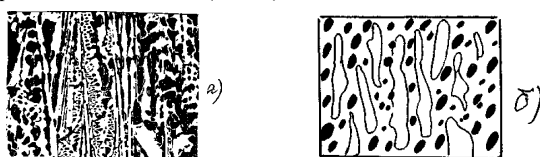


Рис. 7. Микроструктура (а) и схема (б) заэвтектоидной стали

Результаты микроанализа оформить таблицей (Табл.1).

Наименование и марка сплава	Содержание углерода, %	Микроструктура	
		Зарисовка	Наименование

Начертить нижнюю левую часть диаграммы (Рис. 8.) состояния железо-цементит, провести на них линии, соответствующие рассматриваемым сплавам и дать описание процессов превращений происходящих при охлаждении сплавов.

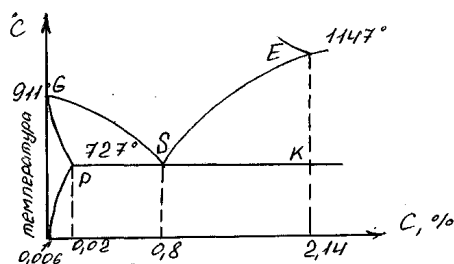


Рис. 8. Диаграмма состояния железо-цементит

Контрольные вопросы.

1. Какая сталь называется доэвтектоидной, эвтектоидной? Их структуры. Превращения при охлаждении.

2. Какой чугун называется доэвтектическим, эвтектическим, заэвтектическим? Их структуры.
3. Что такое феррит, перлит, цементит, ледебурит?

Тема 1.5 Разливка стали
Практическое занятие №12. Определение режима отжига, заковки и отпуска
стали

Цель: Научиться определять технологические режимы термической обработки (отжиг, заковка и отпуск) для различных марок стали на основе их химического состава, критических точек и требуемых механических свойств.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Диаграмма состояния железо – цементит ($\text{Fe-Fe}_3\text{C}$);

Таблицы критических точек (A_1 , A_2 , A_{cm}) для углеродистых и легированных сталей;

Методические указания по выполнению работы.

Задание:

Для каждой марки стали определить:

- вид термической обработки (отжиг, заковка, отпуск или их комбинация);
- температуру нагрева под выбранный вид обработки (с обоснованием по диаграмме $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$);
- время выдержки (ориентировочно);
- охлаждающую среду;
- ожидаемую структуру после обработки;
- ожидаемую твёрдость (HRC или HB).

Заполнить технологическую карту термической обработки для каждой детали.

Обосновать выбор режима для каждой марки стали.

Сделать вывод о влиянии термической обработки на структуру и свойства стали.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите теоретические основы
2. Определите критические точки для заданной стали
3. Назначьте режимы термической обработки для каждой стали
4. Сделайте вывод о том, как выбор температуры нагрева зависит от положения критических точек и типа стали (доэвтектоидная / заэвтектоидная); как охлаждающая среда влияет на структуру и свойства (вода – для углеродистых, масло – для легированных); как температура отпуска определяет конечные механические свойства

(низкий – твёрдость, средний – упругость, высокий – вязкость); практическое применение каждого режима для конкретных деталей

Форма представления результата:

Краткие теоретические сведения о видах термической обработки;
Заполненную технологическую карту (таблица с режимами для всех пяти марок);
Расчёты температур для каждой стали (с указанием критических точек);
Обоснование выбора охлаждающей среды для каждой марки;
Вывод о влиянии термической обработки на структуру и свойства стали;

Критерии оценки:

Оценка «отлично» – все режимы определены верно для всех пяти марок стали, правильно выбраны температуры нагрева и отпуска, охлаждающие среды, структуры и твёрдость; обоснование выбора режимов полное и аргументированное; вывод содержит практические рекомендации; оформление соответствует требованиям; работа сдана в срок.

Оценка «хорошо» – допущены 1–2 негрубые ошибки (например, неверно указана температура отпуска для одной марки или не учтена легированность при выборе среды), но основная цель достигнута; обоснование присутствует, но не для всех позиций; вывод сформулирован; оформление с мелкими недочётами.

Оценка «удовлетворительно» – допущены ошибки в определении режимов для 2–3 марок стали; неправильно выбраны охлаждающие среды или температуры; обоснование поверхностное; вывод отсутствует или не соответствует результатам; оформление небрежное.

Оценка «неудовлетворительно» – расчёты не выполнены или содержат грубые ошибки; технологическая карта не заполнена; вывод отсутствует; работа не сдана в срок.

Краткие теоретические сведения:

Термическая обработка – это технологический процесс, состоящий из нагрева стали до определенной температуры выдержка при этой температуре определенной время и охлаждения при заданной скорости с целью изменения его структуры и свойств.

Термическая обработка может быть разупрочняющей, упрочняющей.

Разупрочняющую обработку проводят для придания заготовке необходимых технологических свойств (например, обрабатываемость резанием выше при низких твердости и прочности материала).

Упрочняющую обработку проводят для получения необходимых эксплуатационных свойств детали (жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, радиационная стойкость, коррозионная и химическая стойкость и др.).

Различают следующие виды термической обработки: отжиг, закалка и отпуск.

Отжигом стали называется вид термической обработки, заключающийся в её нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении.

Цели отжига — снижение твердости и улучшение обрабатываемости стали, изменение формы и величины зерна, выравнивание химического состава, снятие внутренних напряжений.

Диффузионный отжиг (гомогенизация) - заключается в нагреве стали до 1000–1100°C, длительной выдержке (10–15 часов) при этой температуре и последующем медленном охлаждении. В результате диффузионного отжига происходит выравнивание неоднородности стали по химическому составу.

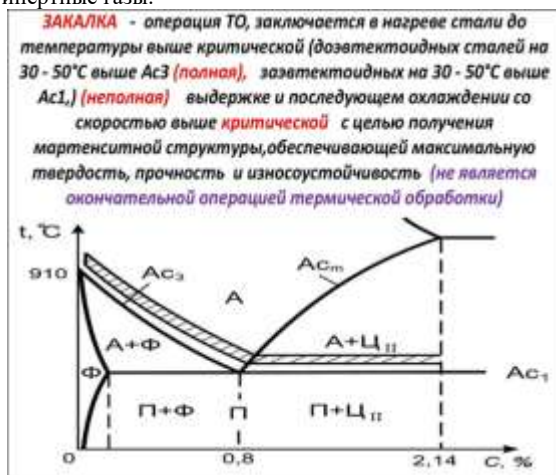
Рекристаллизационный отжиг предназначен для снятия внутренних напряжений после холодной деформации и подготовки структуры к дальнейшему деформированию. Температура нагрева для рекристаллизационного отжига составляет $650 - 700^{\circ}\text{C}$, выдерживание — $\frac{1}{2} - 2$ часа; остывание — медленное.

Изотермическому отжигу подвергают детали небольших сечений из легированных и углеродистых сталей для того чтобы произошел распад аустенита. Нагревание до температуры — на $+30^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ выше точки A_{c3} , последующего ускоренного охлаждения до температуры ниже точки A_{c1} , последующей изотермической выдержке в течении $3-6$ ч и дальнейшего охлаждения на спокойном воздухе.

Полный отжиг применяется для доэвтектоидных сталей. Нагрев стали осуществляется на $30-50^{\circ}\text{C}$ выше линии GS диаграммы $Fe-Fe_3C$, и до температуры 500°C охлаждают вместе с печью, далее охлаждают на воздухе. Отжиг полный позволяет получить внутреннюю структуру с мелким зерном, в составе которой феррит с перлитом.

Неполный отжиг применяют в основном для деталей и заготовок из заэвтектоидных сталей. Для доэвтектоидных сталей этот вид отжига применяют для поковок, штамповок и отливок. Нагревание до температуры — на $30-50^{\circ}\text{C}$ выше линии PSK диаграммы $Fe-Fe_3C$ (или выше 700°C) на $40^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$. Выдерживание — порядка 20 часов и охлаждение — медленное.

Закалкой называется нагрев стали до температуры выше критических, выдержка при этой температуре и последующее быстрое охлаждение. Для увеличения скорости охлаждения стали используются такие среды как: вода; соляные растворы на основе воды; техническое масло; инертные газы.



Отпуск. Отпуском называется технологический процесс нагрева деталей после закалки до низких температур ($150 \dots 650^{\circ}\text{C}$), т. е. ниже критической точки A_{c1} , выдержка при этой температуре и медленное естественное охлаждение на воздухе. В практике применяются низкий, средний и высокий отпуск. Назначение отпуска — устранение внутренних напряжений у деталей после закалки, повышение ударной вязкости, уменьшение хрупкости и частичное уменьшение твердости.

Низкий отпуск применяется для снятия внутренних напряжений, повышения ударной вязкости инструмента из легированных и углеродистых сталей. При низком отпуске детали нагревают до температуры $150 \dots 250^{\circ}\text{C}$, выдерживают при этой

температуре и охлаждают на воздухе. При этом твердость и износостойкость режущего инструмента, полученные после закалки, сохраняются.

Средний отпуск применяется для упругих деталей: рессор, пружин, ударного и штампового инструмента, торсионов и др. При этом виде отпуска детали нагревают до температуры 300 ... 500 °С, прогревают по всему сечению и охлаждают на воздухе.

При **высоком отпуске** детали нагревают до температуры 500 ... 650 °С, выдерживают при этой температуре и охлаждают на воздухе (в отдельных случаях вместе с печью).

Нормализация состоит из нагрева стали на 30-50°С выше линии GSE диаграммы Fe-Fe₃C, выдержки при этой температуре и последующего охлаждения на воздухе.

Практическая часть.

1. Используя «Диаграмму состояния Fe- Fe₃C» и теоретическую часть опишите процессы термической обработки для стали по вашему заданию.

Отчет оформить в виде таблицы;

Содержание углерода в стали по заданию	Вид термической обработки*			
	Гомогенизация	Нормализация	Закалка	Высокий отпуск

* указать температурный режим и скорость охлаждения

Задание:

№ варианта (по списку в журнале)	Содержание углерода в стали, %C
1, 9, 17, 25	0,1
2, 10, 18, 26	1,2
3, 11, 19, 27	0,2
4, 12, 20, 28	1,0
5, 13, 21, 29	0,4
6, 14, 22, 30	0,8
7, 15, 23,	0,6
8, 16, 24,	1,1

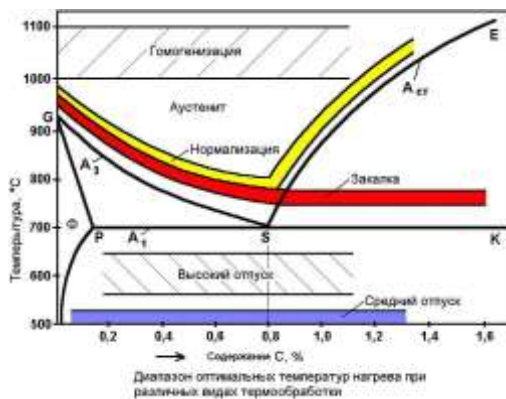


Диаграмма состояния Fe- Fe₃C

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные составляющие технологического процесса термической обработки.
2. С какой целью проводят разупрочняющую термическую обработку металлам и сплавам?
3. Какого результата достигают при проведении диффузионного отжига?
4. Укажите с какой целью применяют низкий отпуск?
5. Укажите основные цели проведения отпуска после закалки стали?
6. Охарактеризуйте доэвтектоидные стали и их отличие от заэвтектоидных?
7. Дайте ответ, что используют после закалки для увеличения скорости охлаждения стали?
8. Дайте ответ, какой метод термической обработки предназначен для снятия внутренних напряжений после холодной деформации и подготовки структуры к дальнейшему деформированию?
9. Какой из методов термической обработки позволяет получать структуру, обеспечивающую максимальную твердость, прочность и износостойчивость?
10. Изложите основные факторы от которых зависит время нагрева сплава в печи?

Тема 2.1 Технология выплавки ферросплавов в электропечах
Практическое занятие №13. Расчет количества ферросплавов (ферросилиция, феррохрома или др.)

Цель: Научиться рассчитывать количество легирующих ферросплавов (ферросилиций, ферромарганец, феррохром, феррованадий и др.), необходимых для получения стали заданной марки с учётом исходного химического состава, содержания элементов в ферросплавах и коэффициентов их усвоения.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Таблицы химических составов ферросплавов (ГОСТ на ферросилиций, феррохром, ферромарганец, феррованадий и др.);

Нормативные документы (ГОСТ на заданные марки стали);

Бланки расчётных ведомостей;

Калькулятор.

Задание:

Рассчитать необходимое повышение содержания каждого легирующего элемента (Cr, Ni) до заданных средних значений.

Рассчитать массу чистого элемента, необходимую для всей плавки.

Рассчитать массу феррохрома и ферроникеля с учётом содержания элемента и коэффициента усвоения.

Проверить, не превышен ли предел по другим элементам (например, углерод в феррохроме – принять 0,2% С в феррохроме, что может повысить содержание углерода; если нужно – учесть).

Составить ведомость легирования с указанием массы каждого ферросплава.

Сделать вывод о достаточности ферросплавов и возможном повышении углерода.

Порядок выполнения работы:

1. Определите требуемое повышение содержания
- 2 Рассчитайте массу чистого элемента на всю плавку ($100 \text{ т} = 100\,000 \text{ кг}$)
- 3 Рассчитайте массу ферросплавов с учётом содержания элемента и усвоения
- 4 Сделайте вывод о соответствии полученного состава требованиям ГОСТ и укажите, какие корректировки могут потребоваться при отклонениях.

Форма представления результата:

Расчёт повышения элементов и массы ферросплавов;

Ведомость легирования;

Вывод о достижении заданного состава

Критерии оценки:

Оценка «отлично» – все расчёты выполнены верно, учтены коэффициенты усвоения, учтён привнос углерода (если требуется), ведомость заполнена полностью, вывод обоснован, оформление по стандарту, сдано в срок.

Оценка «хорошо» – допущена 1 ошибка (например, не учтено содержание углерода в ферросплаве), но основные расчёты верны, вывод сделан, есть мелкие недочёты в оформлении.

Оценка «удовлетворительно» – допущены ошибки в расчётах (более 2), неверно учтены усвоения, ведомость заполнена частично, вывод отсутствует или не соответствует данным.

Оценка «неудовлетворительно» – расчёты не выполнены или выполнены неверно, работа не сдана.

Краткие теоретические сведения:

Ферросплавы – это сплавы железа с различными элементами, применяемые для раскисления и легирования стали.

Раскисление – это удаление из металла избыточного кислорода растворенного в стали.

Легирование – это добавление в сталь различных элементов с целью придания металлу заданного комплекса свойств.

Состав ферросплавов применяемых в качестве раскислителей и легирующих при производстве стали приводится в таблице 4.

Таблица 4 – Состав ферросплавов

Марка сплава	Основной компонент, %	Массовая доля, % (не более)					
		Mn	Si	C	P	S	прочие элементы
Ферросилиций (ГОСТ 1415-78)							
ФС75	74-80Si	0,4	-	0,1	0,05	0,02	0,07-2,5Al
ФС65	63-68Si	0,4	-	0,1	0,05	0,02	0,5-2,0Al
ФС45	41-47Si	0,6	-	0,1	0,05	0,02	0,5-1,8Al
ФС25	23-27Si	0,9	-	0,8	0,06	0,02	0,5-1,0Al
Силикомарганец (ГОСТ 47-56-77)							
СМн20	72-74Mn	-	20-22	1,0	0,1; 0,25	0,03	-
СМн17	72-76Mn	-	17-20	1,7	0,1; 0,35	0,03	-
СМн14	74-79Mn	-	14-17	2,5	0,25; 0,35	0,03	-
СМн10	65-79Mn	-	10-14	3,5	0,35	0,03	-
Ферромарганец высокоуглеродистый ГОСТ 4755-80							
ФМн78	78-80Mn	-	2,0	7,0	0,35	0,03	-

ФМн78к	78-80Mn	-	1,0	7,0	0,25	0,03	-
ФМн75	75-79Mn	-	1,0	7,0	0,45	0,03	-
ФМн75С4	75-79Mn	-	4,0	7,0	0,45	0,03	-
ФМн75С9	75-77Mn	-	9,0	6,0	0,45	0,03	-
ФМн70	78-80Mn	-	2,0	7,0	0,55	0,03	-
Ферромарганец низко- и среднеуглеродистый (ГОСТ 4755-80)							
ФМн0,5	>85Mn	-	2,0	0,5	0,3	0,03	-
ФМн1,0	85-91Mn	-	2,0	1,0	0,3	0,03	-
ФМ1,5	85-90Mn	-	2,5	1,5	0,3	0,03	-
ФМн2,0	85-90Mn	-	2,0	2,0	0,35	0,03	-
Феррохром высокоуглеродистый (ГОСТ 4757-79)							
ФХ650	67-73Cr	-	1,5; 2,0	6,0	0,03; 0,05	0,05	-
ФХ800	67-73Cr	-	2,0	8,0	0,03; 0,05		-
Феррохром среднеуглеродистый (ГОСТ 4757-79)							
ФХ100	69-72Cr	-	1,5; 2,0	1,0	0,03; 0,05	0,02; 0,04	-
ФХ200	68-74Cr	-	1,5; 2,0	2,0	0,03; 0,05	0,02; 0,04	-
ФХ400	68-74Cr	-	2,0	4,0	0,03; 0,05	0,04	-
Феррохром низкоуглеродистый (ГОСТ 4757-79)							
ФХ010	65-75Cr	-	1,5	0,1	0,03; 0,05	0,03	-
ФХ025	67-75Cr	-	1,5; 2,0	0,25	0,03; 0,05	0,03	-
ФХ050	>65Cr	-	2,0	0,5	0,03; 0,05	0,03	-
Феррохром азотированный (ГОСТ 4757-79)							
ФХН400	67-70Cr	-	1,0	0,06 0,03	0,04	0,04	2,1-4,0N
ФХН600	60-67Cr	-	1,0	0,03 0,03	0,04	0,04	4,1-8,5N
Феррованадий (ТУ 14-5-98-84)							
ФВд48У0, 40	48-56V	2,7	1,8	0,4	0,07	0,02	-
ФВд48У0, 60	48-55V	5,0	2,2	0,6	0,08	0,03	-
ФВд48У0, 50	43-46V	2,0	2,0	0,5	0,08	0,05	-
ФВд38У1, 1	38-53V	6,0	3,0	1,0	0,1	0,5	-
ФВд38У0, 75	35-42V	2,0	2,0	0,75	0,1	0,1	-
Феррониобий (ГОСТ 16773-86)							
ФН660	55-65Nb	-	0,9-1,5	0,1	0,1	0,3	1-3Al
ФН658	50-65Nb	-	1,0-2,0	0,2	0,15	0,3	1-6Al
ФН650С	44-65Nb	-	5-12	0,5	0,5	0,05	1-4Al
Ферротитан (ГОСТ 4761-80)							
ФТи68	68-70Ti	-	0,5	0,2	0,05	0,05	<5Al
ФТи30	30-45Ti	-	5,0; 8,0	0,2	0,04; 0,07	0,07; 0,04	<8; <14Al
ФТи20	23-36Ti	-	6,0; 35	0,2	0,08;	0,08;	<8; <35Al

					0,15	0,03	
Ферромолибден (ГОСТ 4751,09-79)							
ФМо60	60-68Мо	-	0,8	0,05	0,05	0,1	-
ФМо55	55-67Мо	-	1,0; 1,5	0,08	0,08; 0,1	0,12; 0,15	-
ФМо52	53-64Мо	-	5,0	0,5	0,1	0,2	
Ферровольфрам (ГОСТ 17293-82)							
ФВ80а	80-85W	0,2	0,8	0,1	0,03	0,02	4-6Мо
ФВ75а	75-83W	0,2	1,1	0,15	0,04	0,04	4-7Мо
ФВ70	71-78W	0,4	0,5	0,3	0,04	0,08	0,3-1,5Мо
ФВ70а	77-84W	0,3	2,0	0,3	0,06	0,06	4-7Мо
ФВ65	71-77W	0,6	1,2	0,7	0,1	0,15	0,3-6,0Мо

Состав алюминия по ГОСТ 925-79

Марка	Al+Mg, % (не менее)	Массовая доля примесей, % (не более)					
		Mg	Si	Pb	Cu	Zn	Sn
АВ97	97,1	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1
АВ92	92,0	3,0	1,0	0,2	3,0	0,8	0,1
АВ88	88,0	3,0	4,0	0,3	3,5	3,0	0,2
АВ86	86,0	3,0	5,0	0,3	4,0	3,5	0,2

Порядок выполнения расчета ферросплавов

Расчет ведется на 100 кг металла.

Для расчета необходимого количества ферросплавов для заданной марки стали в первую очередь необходимо задаться требуемыми ферросплавами.

В качестве примера выполним расчет ферросплавов для раскисления и легирования стали марки 08Ю.

Раскисление и легирование стали марки 08Ю проводится низкоуглеродистым ферромарганцем марки ФМн 0,5 и алюминием вторичным марки АВ97.

Расчетный состав стали, металла перед раскислением, состав выбранных ферросплавов приводятся в таблице 5.

Таблица 5 – Состав стали, металла перед раскислением и ферросплавов

В процентах

Материал	C	Si	Mn	Al	S	P	Fe
Расчетный состав стали	0,03	0,01	0,19	0,04	0,015	0,016	Ост.
Металл перед раскислением	0,03	-	0,05	-	0,01	0,015	Ост.
ФМн0,5	0,3	1,0	90	-	0,021	0,2	8,48
АВ97	-	-	-	97	-	-	3

Необходимое количество ферросплава определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{A-B}{Y * P} \text{ [кг/100 кг стали]},$$

где А – содержание элемента в готовой стали, %

В – содержание элемента в металле перед раскислением, %

У – доля усвоения элемента,

P – доля элемента в ферросплаве.

Доля усвоения элемента зависит от многих факторов: типа сталеплавильного агрегата, степени окисленности металла и шлака и т.д. В нашем примере при выплавке стали в конвертере доля усвоения различных элементов представлена в табл. 6.

Таблица 6 – Доля усвоения

Элемент	Доля усвоения	Элемент	Доля усвоения
углерод (из мелочи коксовой)	0,50	алюминий	0,20
углерод (из ферросплавов)	0,7-0,9	титан	0,30
кремний	0,90	ниобий	0,90
хром		ванадий	
марганец		фосфор *	0,75
азот (из азотированных ферросплавов)	0,40	бор	0,65

Определяется необходимое количество ферромарганца по формуле 1:

$$\Phi M_{п0,5} = (0,19-0,05)/(0,9*0,9)=0,173 \text{ (кг/100 кг стали)}$$

Определяется необходимое количество алюминия вторичного по формуле 1:

$$AB_{97} = \frac{0,04 - 0}{0,2 * 0,97} = 0,206 \text{ кг/100 кг стали}$$

Для определения расхода ферросплавов на плавку необходимо полученные значения умножить на 10 и на емкость сталеплавильного агрегата.

Так для конвертера емкостью 350 т расход ферромарганца составит $0,173*10*350=605$ кг или 0,605 т.

В приложении 3 приводятся варианты индивидуальных заданий по расчету количества ферросплавов на плавку. Химический состав металла перед раскислением берется самостоятельно или из примера расчета.

Приложения

Приложение 1 - Варианты индивидуальных заданий по расчету среднего состава металлошихты

Вариант	Доля чугуна в завалке, %	Химический состав чугуна, %				
		C	Mn	Si	P	S
1	70	3,2	0,1	0,78	0,1	0,015
2	71	3,25	0,11	0,80	0,11	0,016
3	72	3,3	0,12	0,82	0,12	0,017
4	73	3,35	0,12	0,84	0,13	0,018
5	74	3,4	0,13	0,86	0,14	0,019
6	75	3,45	0,14	0,88	0,15	0,02
7	76	3,5	0,15	0,44	0,16	0,021
8	77	3,55	0,16	0,46	0,17	0,022
9	78	3,6	0,17	0,48	0,18	0,023
10	79	3,63	0,18	0,50	0,19	0,024
11	81	3,7	0,19	0,52	0,20	0,025
12	82	3,73	0,20	0,54	0,1	0,015
13	55	3,8	0,21	0,56	0,11	0,016
14	56	3,83	0,22	0,58	0,12	0,017
15	57	3,9	0,23	0,6	0,13	0,018
16	58	3,93	0,24	0,62	0,14	0,019
17	59	4,0	0,25	0,64	0,15	0,02
18	60	4,03	0,26	0,66	0,16	0,021
19	61	4,1	0,27	0,68	0,17	0,022
20	62	4,13	0,28	0,7	0,18	0,023
21	63	4,2	0,29	0,72	0,19	0,024
22	64	4,23	0,30	0,74	0,20	0,025
23	65	3,67	0,31	0,76	0,17	0,015
24	66	3,77	0,32	0,78	0,1	0,016
25	67	3,87	0,33	0,80	0,11	0,017
26	68	3,97	0,34	0,82	0,12	0,018
27	69	4,07	0,35	0,84	0,13	0,019
28	54	4,17	0,36	0,86	0,14	0,02
29	53	4,27	0,37	0,88	0,15	0,021
30	52	4,33	0,38	0,9	0,16	0,022

С 1 по 12 варианты расчеты ведутся для выплавки стали в конвертерах, с 13 по 30 – в дуговых сталеплавильных печах.

Приложение 2 - Варианты индивидуальных заданий по расчету расхода извести

Вариант	Кол-во SiO ₂ из металлоспихты	Основность шлака	Емкость конвертера	Расход шлакообразующих материалов, %		
				Футеровка	Плавиковый шпат	Твердый конвертерный шлак
1	1,1	2,8	50	0,1	0,4	1,2
2	1,11	2,9	100	0,11	0,39	1,22
3	1,12	3	130	0,12	0,38	1,24
4	1,13	3,1	180	0,13	0,37	1,26
5	1,14	3,2	200	0,14	0,36	1,28
6	1,15	3,3	250	0,15	0,35	1,3
7	1,16	3,4	300	0,16	0,34	1,34
8	1,17	3,6	350	0,17	0,33	1,38
9	1,18	3,7	400	0,18	0,32	1,42
10	1,19	3,8	50	0,19	0,31	1,46
11	1,20	2,8	100	0,21	0,4	1,5
12	1,21	2,9	130	0,22	0,39	1,54
13	1,22	3	180	0,23	0,38	1,58
14	1,23	3,1	200	0,24	0,37	1,62
15	1,24	3,2	250	0,25	0,36	1,68
16	1,25	3,3	300	0,26	0,35	1,72
17	1,26	3,4	350	0,27	0,34	1,76
18	1,27	3,6	400	0,28	0,33	1,8
19	1,28	3,7	50	0,29	0,32	1,78
20	1,29	3,8	100	0,3	0,31	1,74
21	1,3	2,8	130	0,1	0,29	1,66
22	1,1	2,9	180	0,11	0,28	1,7
23	1,11	3	200	0,12	0,27	1,52
24	1,12	3,1	250	0,13	0,26	1,48
25	1,13	3,2	300	0,14	0,25	1,4
26	1,14	3,3	350	0,15	0,24	1,56
27	1,15	3,4	400	0,16	0,23	1,44
28	1,16	3,6	180	0,17	0,22	1,32
29	1,17	3,7	200	0,18	0,21	1,36
30	1,18	3,8	250	0,19	0,20	1,48

Приложение 3 - Варианты индивидуальных заданий по расчету количества ферросплавов на плавку

Вариант	Емкость конвертера	Марка стали
1	50	Ст 1 пс
2	100	Ст 2 пс
3	130	Ст 3 Гпс
4	180	Ст 5 сп
5	200	10
6	250	15
7	300	20
8	350	А
9	400	Д
10	50	Е
11	100	А32
12	130	А36
13	180	09Г2
14	200	09Г2Д
15	250	09Г2С
16	300	12ГС
17	350	16ГС
18	400	14Г2
19	50	10ХНДП
20	100	10Г2С1
21	130	16Г2АФ
22	180	17ГС
23	200	08ГСЮТ
24	250	03ХГЮ
25	300	06ХГСЮ
26	350	Ст 1 сп
27	400	Ст 2 сп
28	180	Ст 3 Гсп
29	200	15ЮА
30	250	20пс

Тема 2.2 Технология производства стали в электропечах
Практическое занятие №14. Расчет среднего состава металлошихты

Цель: Научиться определять средний химический состав металлошихты (содержание C, Si, Mn, P, S) для электросталеплавильной печи (ДСП) на основе заданных долей различных компонентов (стальной лом, чугун, возврат брака, ферросплавы).

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Таблицы типового химического состава стального лома, чугуна, возврата собственного производства;

ГОСТ на выплавляемую марку стали;

Калькулятор

Задание:

Рассчитать среднее содержание каждого элемента (C, Si, Mn, P, S) в шихте.

Сравнить полученные значения с требуемыми пределами.

Если какой-либо элемент выходит за пределы, предложить способ корректировки (изменить доли компонентов или добавить другой материал).

Заполнить таблицу расчёта среднего состава шихты.

Порядок выполнения работы:

1 Принять долю чугуна и лома (например, 60% чугуна и 40% лома).

2 Рассчитать среднее содержание элементов в шихте.

3 Определить количество окисляемых элементов и требуемый кислород.

4 Рассчитать расход извести: на основе содержания SiO_2 в шихте и требуемой основности шлака ($\text{CaO/SiO}_2 \approx 2,8-3,2$).

5 Записать все результаты в таблицу.

6 Сделать вывод.

Форма представления результата:

Отчёт включает:

Исходные составы;

Расчёт среднего состава шихты;

Расчёт кислорода и извести;

Шихтовую ведомость (чугун, лом, известь, руда, ферросплавы – если легирование);

Вывод о количестве материалов.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Плавка в дуговой сталеплавильной печи состоит из следующих основных периодов (цифры в скобках характеризуют примерную продолжительность каждого периода):

- 1) период расплавления (с подвалкой) (60 %);
- 2) окислительный период (9,4 %);
- 3) период рафинирования (18,2 %);
- 4) период межплавочных простоев, включающий выпуск, заправку, очистку и завалку (12,4 %).

В первый период происходит нагрев и расплавление шихты. Печь потребляет большую часть электроэнергии. Поэтому при проектировании дуговой сталеплавильной печи расчет проводят только для периода расплавления.

Расчет материального баланса осуществляют на 100 т (100 кг) шихты либо на общую массу завалки.

Исходные данные для расчета: конструкционная сталь марки 20пс.

Для данной марки стали использована шихта, содержащая 60 % - пакеты «ВАЗ»; 30 % - чугуны переплавочные; 10 % - окатыши металлизированные. Химический состав компонентов шихты и стали в конце периода окисления приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав шихтовых материалов

Шихтовые материалы	C	Si	Mn	Fe	т	%
Чугун переплавочный	4,4	0,6	0,7	94,3	60	30
Окатыши	1,2	-	-	89,4	20	10
Металл	0,04	0,016	0,021	99,734	80	60
Средний	0,17	0,27	0,5	91	-	-
Сталь	0,043	-	0,022	99,935	-	100

Определяем угар примесей U в период расплавления как разность между средним содержанием элемента в шихте и в стали в конце периода расплавления:

$$U_i^P = m_{\text{ш}}(C_i - C'_i), \text{ кг},$$

где $m_{\text{ш}}$ - масса металлической части шихты, кг;

C_i - содержание примеси в шихте, % по массе;

C'_i – содержание элемента в стали в конце периода расплавления, % по массе;
 i – выгорающие элементы (C, Si, Mn, Fe).

Определяем угар примесей, кг.

Таблица 2 – Расчет угара примесей

Углерод	C	$\frac{(0,17 - 0,043) \cdot 200000}{100}$	254
Кремний	Si	$\frac{0,27 \cdot 200000}{100}$	540
Марганец	Mn	$\frac{(0,5 - 0,022) \cdot 200000}{100}$	956
Железо	Fe	принимает 2,5...3% от массы шихты	5000
ВСЕГО			6750

$$[B_i^{O_2}]_P = \frac{U_i^P M_{O_2}}{M_i}, \text{ кг,}$$

где M_i – молекулярная масса элемента;
 M_{O_2} – молекулярная масса кислорода.

$$\begin{aligned} C \rightarrow CO_2 & 0,3 \cdot 254 \cdot \frac{32}{12} = 203,2, \\ C \rightarrow CO & 0,7 \cdot 254 \cdot \frac{16}{12} = 237,067, \\ Si \rightarrow SiO_2 & 540 \cdot \frac{32}{28} = 617,14, \\ Mn \rightarrow MnO & 956 \cdot \frac{16}{55} = 278,1, \\ Fe_{(в дым)} \rightarrow Fe_2O_{3(в дым)} & 5000 \cdot \frac{48}{112} = 2142,86 \end{aligned}$$

Химический состав шлака в конце периода расплавления берется согласно промышленным исследованиям или задается преподавателем. В качестве примера состав шлака приведен в таблице 3.

Содержание оксидов железа в шлаке зависит от содержания углерода в металле и определяется с помощью таблицы 5.

Таблица 3 – Расход кислорода в период плавления

Расход O_2 , кг		Масса оксида, кг	
$C \rightarrow CO_2$	$0,3 \cdot C \cdot 32/12$	162,56	$0,3 \cdot C + CO_2$ 223,52
$C \rightarrow CO$	$0,7 \cdot C \cdot 16/12$	221,26	$0,7 \cdot C + CO$ 387,2
$Si \rightarrow SiO_2$	$Si \cdot 32/28$	705,3	$Si + SiO_2$ 1322,44
$Mn \rightarrow MnO$	$Mn \cdot 16/55$	80,9	$Mn + MnO$ 359
$Fe_{(в дым)} \rightarrow Fe_2O_{3(в дым)}$	$Fe_{(в дым)} \cdot 48/112$	2142,86	$Fe + Fe_2O_3$ 7112,86
Всего		3312,88	Всего 9435,02

По практическим данным отношение $\frac{Fe \text{ в } FeO}{Fe \text{ в } Fe_2O_3}$ принимается равным 2...4.

В соответствии с этим принимаем, что при содержании в стали углерода в конце периода расплавления, равном 0,73 %, содержание оксидов железа в шлаке составит 9,41 %, причем FeO будет 7,058 % (доля – 0,75), а FeO будет 7,058 % (доля – 0,75), а Fe_2O_3 – 2,353 % (доля – 0,25).

Тема 2.2 Технология производства стали в электропечах
Практическое занятие №15. Расчет материального баланса для получения заданной марки стали

Цель: Научиться составлять полный материальный баланс плавки стали в электропечи (ДСП) или конвертере, учитывая приход (шихта, ферросплавы, кислород, флюсы) и расход (годная сталь, шлак, газы, угар).

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Составы шихты и продуктов;

Данные по стехиометрии реакций окисления;

Калькулятор;

Форма балансовой таблицы

Задание:

Определить количество окисленных элементов ($C \rightarrow CO$, $Si \rightarrow SiO_2$, $Mn \rightarrow MnO$, $Fe \rightarrow FeO$, $P \rightarrow P_2O_5$).

Рассчитать массу образовавшихся оксидов и газов.

Записать приход и расход по статьям (шихта, известь, кислород $\rightarrow$ сталь, шлак, газы, выбросы).

Проверить баланс: сумма прихода должна равняться сумме расхода (с погрешностью до 2%).

Порядок выполнения работы:

1 Взять ранее рассчитанные количества шихты, извести, кислорода.

2 По реакциям окисления рассчитать количество образовавшихся оксидов и газов.

3 Распределить продукты: оксиды – в шлак, газы – в отходящие газы.

4 Составить таблицу прихода и расхода (с указанием масс для каждого элемента).

5 Сравнить итоги прихода и расхода; если невязка $> 2\%$ – найти ошибку.

Форма представления результата:

Отчёт содержит балансовую таблицу, расчёты по статьям баланса, анализ невязки и вывод о точности расчётов.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит

чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Масса шлака без оксидов железа, равная согласно таблице 4 – 10628,9 кг, составляет $(100 - 9,41) = 90,59\%$, а общая масса шлака:

$$L_{\text{шл}} = \frac{L'_{\text{шл}}}{100 - \text{Fe}_{\text{общ}}}, \text{ кг},$$

где $L'_{\text{шл}}$ – масса шлака без оксидов железа (по составу шлака к концу выплавки), кг;

$\text{Fe}_{\text{общ}}$ – содержание оксидов железа в шлаке, %.

Таблица 1 – Зависимость содержания оксидов железа в шлаке от содержания углерода в металле

[C], %	0,08 – 0,18	0,20 – 0,32	0,28 – 0,42	0,67 – 1,09
($\text{Fe}_{\text{общ}}$), %	14,4	12,08	11,04	9,41

Подставляем данные:

$$L_{\text{шл}} = \frac{10796,99}{100 - 14,4} = 12613,3 \text{ кг}$$

Масса оксидов железа в шлаке:

$$L_{\text{шл}}^{\text{окс}} = L_{\text{шл}} - L'_{\text{шл}}, \text{ кг},$$

$$L_{\text{шл}}^{\text{окс}} = 12613,2 - 10796,99 \text{ кг}$$

Таблица 2 – Состав шлака в конце периода расплавления

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	P_2O_5	S	Cr_2O_3
Мет.шихта	1322,44	123,9	0	359	165,2	867,3	0	0	0
Магнезитово-хромитовый кирпич	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Магнезитовый кирпич	9,76	5,2	6,5	0	292,82	8,4	0	0	0
Магнезитовый порошок	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Магнезит (подвалка)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Известь	0	0	0	0	81,08	7540,4	8,1	4,05	0
Кокс	0	0	0	0	0	0	0	3,1	0
Итого	1332,2	129,1	6,5	359	539,1	8416,1	8,1	7,2	0
Всего 10796,9									

Масса оксидов железа в шлаке равна 1816,21 кг, из которых 454,0525 кг $\text{Fe}_2\text{O}_3(0,25)$ и 1362,1575 $\text{FeO}(0,75)$. Таким образом, состав шлака следующий.

Таблица 3 – Состав шлака

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	P_2O_5	S	Cr_2O_3	FeO
кг	1332,2	129,1	454,0525	359	539,1	8416,1594	8,1	7,244	0	1362,1575
%	10,567	1,024	3,6	2,85	4,277	66,758	0,066	0,058	0	10,8

Основность шлака:

$$B = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2},$$

где CaO – содержание CaO в шлаке, %;
 SiO_2 – содержание SiO_2 в шлаке, %.

$$B = \frac{66,758}{10,567} = 6,3$$

Учитывая, что окислится железа:

до Fe_2O_3 454,0525 кг,

до FeO 1362,1575 кг,

поступит железа из металла в шлак:

$$m_{\text{Fe(шл)}} = \frac{m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \cdot 112}{160} + \frac{m_{\text{FeO}} \cdot 56}{72}, \text{ кг},$$

где $m_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ – масса Fe_2O_3 , кг;

m_{FeO} – масса FeO , кг;

112 и 56 – молекулярная масса железа в Fe_2O_3 и FeO соответственно;

160 и 72 – молекулярная масса Fe_2O_3 и FeO соответственно.

$$m_{\text{Fe(шл)}} = \frac{454,0525 \cdot 112}{160} + \frac{1362,1575 \cdot 56}{72} = 1377,2 \text{ кг}$$

Выход годного с учетом металла скачиваемым шлаком, кг:

$$M_{\text{годн}} = m_{\text{ш}} - U_{\text{к}} - m_{\text{Fe(шл)}} - m_{\text{Fe(ун.шл)}}$$

где $m_{\text{ш}}$ – масса металлошихты без учета количества извести;

$U_{\text{к}}$ – масса выгоревших примесей за всю плавку, определяется как сумма выгоревших примесей за период расплавления и окислительный период плавки, кг;

$m_{\text{Fe(шл)}}$ – потери железа на образование оксидов железа в шлаке, кг;

$m_{\text{Fe(ун.шл)}}$ – количество железа, уносимого шлаком, кг (принимается 0,5 % от $m_{\text{ш}}$)

$$M_{\text{годн}} = 200000 - 6750 - 1377,2 - 10000 = 190872,8 \text{ кг}$$

Расход кислорода на окисление железа:

$$B_{O_2(Fe)} = \left[m_{Fe_2O_3} - \frac{m_{Fe_2O_3} \cdot 112}{160} \right] + \left[m_{FeO} - \frac{m_{FeO} \cdot 56}{72} \right], \text{ кг};$$

$$B_{O_2(Fe)} = [454,0525 - 317,8] + [1362,1575 - 1059,4] = 439,01 \text{ кг}$$

Расход кислорода на окисление всех примесей:

$$B_{O_2} = [B_{O_2}]_{пр} + B_{O_2(Fe)}, \text{ кг},$$

где $[B_{O_2}]_{пр}$ – расход кислорода на окисление примесей (таблица 3).

$$B_{O_2} = 2088,39 + 439,01 = 2527,4 \text{ кг}$$

Принимаем, что количество кислорода, вносимого воздухом 80 %, техническим кислородом вносится 20 %.

Принимая коэффициент усвоения кислорода равным 0,9, определим потребное количество кислорода:

$$V_{O_2} = \frac{B_{O_2}}{0,9}, \text{ кг},$$

$$V_{O_2} = \frac{2527,4}{0,9} = 2808,2 \text{ кг}$$

Количество неусвоенного кислорода:

$$V_{O_2}^H = 0,1 \cdot B_{O_2}, \text{ кг},$$

$$V_{O_2}^H = 0,1 \cdot 2808,2 = 280,82 \text{ кг}$$

При определении количества выделяющихся газов необходимо учесть образование CO и CO₂ (в отношении 70 и 30 %) при горении углерода электродов. Согласно практическим данным, расход электродов на плавку составляет 4...7 кг/т, причем приблизительно 60 % расходуется в период расплавления. Согласно экспериментальным данным расход электродов на плавку составляет $P_{эл} = 3 \dots 4$ кг/т стали. Принимаем 3,4 кг/т стали.

С учетом массы завалки расход электродов $3,4 \cdot 116,2 = 395,08$ кг.

С образованием CO сгорает $0,7P_{эл}$ кг C и образуется $0,7P_{эл} \frac{28}{12}$ кг CO.

С образованием CO₂ сгорает $0,3P_{эл}$ кг C и образуется $0,3P_{эл} \frac{44}{12}$ кг CO₂.

С образованием CO сгорает $\frac{0,7 \cdot 3,4 \cdot 116,200}{1000} = 276,5$ CO.

Для горения углерода электродов требуется кислорода:

$$V_{O_2}^C = 0,7P_{эл} \left(\frac{28}{12} - 1 \right) + 0,3P_{эл} \left(\frac{44}{12} - 1 \right), \text{ кг};$$

$$V_{O_2}^C = 476 \cdot \left(\frac{28}{12} - 1 \right) + 204 \cdot \left(\frac{44}{12} - 1 \right) = 1178,67 \text{ кг}$$

Окисление углерода электродов происходит кислородом, подсосываемым в печь, которому сопутствует азот в количестве

$$V_{N_2}^C = V_{O_2}^C \frac{77}{23}, \text{ кг},$$

$$V_{N_2}^C = 1178,68 \cdot \frac{77}{23} = 3946 \text{ кг}$$

Таблица 4 – Состав выделившихся газов

Газ	кг	%
CO ₂	223,52+1110,67=1334,19	9,4
CO	387,2+748=1135,2	8
O ₂	280,82	2
N ₂	7521,092+3946=11467,092	80,6
Всего	14217,302	100

Таблица 5 – Материальный баланс плавки

Поступило	кг	Получено	кг
Окатыши	200	Металл	1908,728
Чугун переплавный	600	Шлак	126,133
Пакеты «ВАЗ»	800	Потери металла со шлаком	10,00
Известь	81,9609	Уходящие газы	
Футеровка	1,80		
Электроды	6,80		
Болото	-		
Воздух	131,36		
Технический кислород	5,11	CO	11,352
ВСЕГО	1827,0317	CO ₂	13,3419
		N ₂	114,67092
		O ₂	2,8082
		Fe ₂ O ₃	71,4286
		ВСЕГО	2217,64672

$$\frac{7540,4}{0,92} = 8196,09 \text{ кг}$$

Теперь по расчетам материального баланса и процесса горения газа можно определить состав и количество $V_{\text{ух}}$ выделяющихся газов и составить материальный баланс периода расплавления.

Тема 2.2 Технология производства стали в электропечах

Практическое занятие №16. Определение геометрических параметров ДСП

Цель: Научиться рассчитывать основные геометрические размеры рабочего пространства дуговой сталеплавильной печи (ДСП) на основе заданной номинальной ёмкости, используя эмпирические и аналитические зависимости.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

У 2.2.1 рассчитывать нормативный запас металлошихты, ферросплавов, легирующих, добавочных и заправочных материалов для выполнения производственной программы

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Таблицы эмпирических коэффициентов для расчёта геометрических параметров ДСП;

Калькулятор;

Задание:

Объём жидкого металла в ванне;

Полный объём ванны (с учётом шлака и дополнительного объёма);

Глубину ванны (общую, сферической и конической частей);

Диаметр ванны на уровне порога рабочего окна и на уровне откосов;

Диаметр плавильного пространства на уровне пят свода;

Высоту стен и стрелу свода;

Диаметр распада электродов;

Размеры рабочего окна (ширину и высоту);

Толщину подины и стен.

Порядок выполнения работы:

1 Используйте приведённые формулы и коэффициенты.

2 Результаты сведите в таблицу.

3 Сделайте эскиз продольного разреза печи с нанесёнными размерами.

4 Сформулируйте вывод о соответствии размеров типовым значениям для ДСП-100.

Форма представления результата:

Краткие теоретические сведения о форме рабочего пространства ДСП (сфероконическая ванна, угол откосов, назначение основных размеров);

Расчётную часть с формулами, подстановками и пояснениями;

Сводную таблицу результатов;

Эскиз (схематичный рисунок) продольного разреза рабочего пространства ДСП с нанесёнными размерами (по возможности);

Вывод о соответствии полученных параметров типовым значениям и их влиянии на технологию.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Основными геометрическими параметрами ДСП являются:

- 1) H_m – глубина ванны по зеркалу жидкого металла;
- 2) H_b – глубина ванны до откосов печи;
- 3) $H_{пл}$ – высота плавильного пространства;
- 4) D_m – диаметр ванны по зеркалу жидкого металла;
- 5) D_p – диаметр ванны на уровне порога рабочего окна;
- 6) D_k – внутренний диаметр кожуха печи;
- 7) $D_{от}$ – диаметр ванны на уровне откосов.

Наиболее распространенной является сфероконическая ванна с углом между образующей и осью конуса, равным 45° .

Объем ванны до откосов включает в себя объемы металла V_m , шлака $V_{ш}$ и дополнительной V_d , т.е.

$$V_b = V_m + V_{ш} + V_d$$

Если плотность жидкого металла ρ_m , емкость печи M , т, то

$$V_m = \frac{M}{\rho_m}, \text{ м}^3$$
$$V_m = \frac{180}{7,4} = 25 \text{ м}^3$$

Диаметр зеркала жидкого металла определяется из соотношения

$$D_m = 2000 \cdot c \cdot \sqrt[3]{V_m}, \text{ мм},$$
$$D_m = 2000 \cdot 1,085 \cdot \sqrt[3]{25} = 6345,11 \text{ мм}$$

где D_m – диаметр зеркала жидкого металла, мм;

V_m – объем жидкого металла, м^3 ;

c – коэффициент, зависящий от отношения диаметра зеркала металла к глубине ванны по металлу.

Обычно коэффициент c определяется по формуле:

$$c = 0,875 + 0,042a$$

где $a = \frac{D_m}{H_m}$.

$$c = 0,875 + 0,042 \cdot 5 = 1,085$$

Для большинства печей $a = 4,5 \dots 5,5$, причем меньшие значения характерны для небольшой емкости и технологического процесса, не требующего тщательного рафинирования расплавленного металла в печи. При таких соотношениях с теплотехнологической точки зрения будет обеспечено и сравнительно равномерное облучение поверхности ванны от дуг и кладки печи, и более равномерный прогрев металла в объеме ванны.

Глубина ванны по жидкому металлу

$$H_m = \frac{D_m}{a}, \text{ мм},$$

$$H_m = \frac{6345,11}{5} = 1269,022 \text{ мм}$$

где H_m – глубина ванны жидкого металла

Глубина сферического сегмента

$$H_c = (0,02 \dots 0,25) \cdot H_m, \text{ мм.}$$

$$H_c = 0,15 \cdot 1269,022 = 0,19 \text{ мм}$$

Над жидким металлом в ванне предусмотрено пространство для шлака, объем которого составляет 20 % объема металла в небольших печах и 10...17 % - в крупных:

$$V_{\text{ш}} = (0,10 \dots 0,20) \cdot V_m, \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{ш}} = 0,15 \cdot 25 = 3,75 \text{ м}^3$$

Высота слоя шлака определяется из выражения

$$H_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш}}}{0,785 \cdot D_m^2}, \text{ мм},$$

$$H_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot 3,75}{0,785 \cdot 6345,11^2} = 0,0001 \text{ мм}$$

где 0,785 – эмпирический коэффициент;
1000 – переводной коэффициент

Уровень порога рабочего окна принимается на уровне шлака или на 20...40 мм выше:

$$h' = 0 \dots 40 \text{ мм},$$

$$h' = 25 \text{ мм}$$

Уровень откосов рекомендуется принимать на 30...70 мм выше уровня порога рабочего окна во избежание размыва шлаком основания футеровки стен:

$$h'' = 30 \dots 70 \text{ мм},$$

$$h'' = 40 \text{ мм}$$

Объем от уровня шлака до уровня верха откосов называется дополнительным. Обычно он составляет 10...15% от объема металла.

Глубина ванны до уровня откосов печи равна

$$H_B = H_M + H_{ш} + h' + h'', \text{ мм},$$

$$H_B = 1269,022 + 0,0001 + 25 + 40 = 1,3 \text{ м}$$

Диаметры рабочего пространства дуговой печи на уровне порога рабочего окна и на уровне откосов соответственно равны

$$D_{\pi} = D_M + 2 \cdot (H_{ш} + h'), \text{ мм},$$

$$D_{\pi} = 6395,11 + 2 \cdot (0,0001 + 25) = 6395,11 \text{ мм}$$

$$D_o = D_{\pi} + 2h'', \text{ мм},$$

$$D_o = 6395,11 + 40 = 6,5 \text{ мм}$$

где D_{π} – диаметр рабочего пространства на уровне порога рабочего окна, мм;

D_o – диаметр рабочего пространства на уровне откосов, мм.

Высота конической части ванны

$$h_k = H_M - H_c, \text{ мм},$$

$$h_k = 1269,022 - 0,19 = 1,079 \text{ мм}$$

Тогда диаметр основания шарового сегмента D_c находится из выражения

$$D_c = D_M - 2 \cdot h_k, \text{ мм},$$

$$D_c = 6345,11 - 2 \cdot 1,079 = 4187,7726 \text{ мм}$$

Для современных дуговых сталеплавильных печей высота плавильного пространства $H_{пл}$ принимается в пределах, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость высоты плавильного пространства от диаметра на уровне откосов

Емкость печи, т	Доля $H_{пл}$ от $D_{отк}$
0,5...5	0,5...0,45
10...50	0,45...0,4
100...	0,38...0,34

Выше откосов стены делаются наклонным под углом 15...30° к вертикали. В этом случае увеличивается стойкость огнеупорной кладки, так как по высоте стен увеличивается расстояние от дуг и уменьшается плотность теплового потока на верхний пояс.

Высота наклонной части стен

$$H_n = (0,25 \dots 0,33) \cdot (H_{пл} - h''), \text{ мм}, \quad (27)$$

$$H_n = 0,3 \cdot (2,34 - 40) = 11,895 \text{ мм}$$

Высота цилиндрической части стен

$$H_{ц} = H_{пл} - H_{н}, \text{ мм},$$

$$H_{ц} = 0,35 - 11,895 = 11,545 \text{ мм}$$

Диаметр стен определяется по формуле

$$D_{ст} = D_{от} - 2 \cdot H_{н} \cdot \tan \alpha, \text{ мм},$$

где α – угол наклона стен по вертикали

$$D_{ст} = 6,5 - 2 \cdot 11,895 \cdot \tan \alpha = 6,5 \text{ мм}$$

Оставшиеся размеры печи определяются с учетом материала и толщины огнеупорной кладки подины, стен и свода.

Расчет конструкции футеровки ДСП

Конструкцию футеровки кроме внутреннего профиля рабочего пространства определяют материалы рабочего, арматурного и теплоизоляционного слоев кладки, а также форма и размеры кожуха ДСП. Для кладки рабочего слоя ДСП используются основные и кислые огнеупорные материалы.

Подина и откосы Футеровка подины состоит из рабочей части и теплоизоляционного слоя. Рабочая часть футеровки подины состоит из набивного слоя и кирпичной кладки. Верхний набивной слой обычно выполняют из магнезитового порошка, замешанного на смеси смолы и пека, толщиной 100...200 мм. Средний огнеупорный слой выполняется из магнезита марки МУ-91, МО-91, МУ-89. Толщина рабочего слоя должна составлять 70...80 % футеровки ванны, то есть 4...6 рядов кирпича. Нижний - изоляционный слой - выполняют из легковесного шамота марки ШЛБ-1, 3, одним-двумя слоями (нормальный кирпич имеет размеры 230x115x65 мм). На металлическое днище укладывают листовой асбест и насыпают выравнивающий слой шамотного порошка общей толщиной 30...40 мм. Для печей различной емкости рекомендуется следующая толщина отдельных слоев и всей футеровки подины (таблица 2).

Таблица 2 – Толщина отдельных слоев и всей футеровки подины ДСП

Емкость печи, т	200
Набивной слой, мм	150
Кирпичная кладка, мм	575
Изоляционный слой, мм	190
Общая толщина, мм	915

Откосы ниже уровня шлака выкладываются обычным (МО-91), а в районе шлакового пояса - плотным магнезитовым кирпичом марки МУ-91 и выводятся на 100...200 мм выше уровня шлакового пояса. Тепловая изоляция кожуха на высоте откосов обычно выполняется из тех же материалов и в той же последовательности, что и изоляция подины.

Стены ДСП

Для футеровки стен основных дуговых печей используется периклазошпинелидный и магнезитохромитовый плотный кирпич (ПШСП, МХСП), обычный обжиговый (ПШСО, МХСО) или безобжиговый в железных кассетах (БМХС) и хромомагнезитовый (ХМ) (прямой ПШ и МХ кирпич имеют размеры 230x115x65, 300x150x75, 380x150x75, а ХМ – 230x115x65).

С тем чтобы облегчить тепловую работу и повысить стойкость футеровки, кладка стен обычно не имеет тепловой изоляции. Верх стен изнашивается меньше, поэтому он выкладывается кирпичом меньшего размера, с одним-двумя уступами.

В зависимости от емкости можно рекомендовать следующую толщину огнеупорной кладки стен (таблица 3).

Таблица 3 – Толщина огнеупорной кладки стен ДСП

Емкость печи, т	200
Общая толщина на уровне откосов δ_1 , мм	575
Общая толщина в верхней части δ_2 , мм	380

Тогда

$$D_{\text{к.ст}} = D_{\text{от}} + 2\delta_1$$

$$D_{\text{к.ст}} = 6,5 + 2 \cdot 575 = 1156,5$$

$$D_k = D_{\text{ст}} + 2\delta_2$$

$$D_k = 6,5 + 2 \cdot 380 = 766,5$$

где δ_1 – толщина футеровки стен на уровне откосов, м;
 δ_2 – толщина футеровки цилиндрической верхней части стен, м.

Кожух или его части свариваются из котельной стали.

Толщина кожуха

$$\Delta K = \frac{D_k}{200}$$

$$\Delta K = \frac{766,5}{200} = 3,8$$

В обшивке кожуха вырезают отверстия для летки и рабочего окна.

Рабочее окно печи имеет следующие размеры:
 ширина

$$b = (0,22 \dots 0,33) \cdot D_{\text{от}}$$

$$b = 0,3 \cdot 6,5 = 1,95$$

высота

$$h = (0,65 \dots 0,7) \cdot b,$$

$$h = 0,7 \cdot 1,95 = 1,4$$

стрела выпуклости арки рабочего окна

$$h_{\text{co}} = \frac{1}{7} \cdot b,$$

$$h_{\text{co}} = \frac{1}{7} \cdot 1,95 = 277,5$$

Свод

Футеровку сводов основных дуговых печей наиболее часто выполняют из прямого и небольшого количества клинового кирпича марки МХОП и в отдельных случаях из динасового кирпича.

Толщина футеровки свода соответствует длине стандартного кирпича и обычно составляет (таблица 4).

Таблица 4 – Толщина футеровки свода ДСП

Емкость печи, т	100
$\delta_{\text{св}}$, мм	450

В современных ДСП свод опирается на кожух печи и поэтому можно считать, что его диаметр примерно равняется диаметру верха кожуха, т.е.

$$D_{\text{св}} \approx D_{\text{к}}$$

Стрела выпуклости свода ($h_{\text{стр}}$) зависит от материала и пролета (диаметра) свода (таблица 5).

Таблица 5 – Геометрические параметры свода в зависимости от материала футеровки

Материал свода	$h_{\text{стр}}$
Магнезитовый (хромомагнезитовый)	$(0,11 \dots 0,12)D_{\text{св}}$
Динасовый	$(0,08 \dots 0,1)D_{\text{св}}$

При этом высота центральной части свода над уровнем откосов составит

$$H_{\text{св}} = H_{\text{пл}} + h_{\text{стр}}, \text{ мм}$$

$$H_{\text{св}} = 2,34 + 84,315 = 86,665 \text{ мм}$$

Интенсивность облучения определяется диаметром распада электродов $D_{\text{р}}$, который задает расстояние «дуга–стенка». Поэтому задача определения рационального значения $D_{\text{р}}$ сводится к выбору величины соотношения $\frac{D_{\text{р}}}{D_{\text{св}}}$, обеспечивающего возможно более равномерное распределение тепловой нагрузки по периметру печи и высокой стойкости футеровки стен.

При проектировании печей следует принимать значения, приведенные в таблице 6.

Таблица 6 – величины $\frac{D_{\text{р}}}{D_{\text{св}}}$ для различных ДСП

Емкость печи, т	200
$R = \frac{D_{\text{р}}}{D_{\text{св}}}$	0,20

Тогда

$$D_{\text{р}} = R \cdot D_{\text{св}}$$

$$D_{\text{р}} = 0,20 \cdot 766,5 = 153,3 \text{ м}$$

Наилучшее условие при минимальном значении $\frac{D_{\text{р}}}{D_{\text{св}}}$. Однако, возможности его уменьшения ограничиваются соображениями конструктивного характера (необходимость размещения электрододержателей, обеспечения достаточно высокой строительной прочности центральной части свода). Таким образом, рассчитывается футеровка ДСП

Тема 3.1 Механическое оборудование конвертерных цехов
Практическое занятие №17. Расчет основных параметров и размеров кислородного конвертера

Цель: Научиться определять основные геометрические и технологические параметры кислородного конвертера по заданной номинальной ёмкости.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

У 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Справочные таблицы соотношений размеров конвертеров;

Данные о плотности жидкой стали и шлака;

Калькулятор;

Задание:

Рассчитать основные параметры кислородного конвертера ёмкостью 160 т стали. Плотность жидкой стали – $7,0 \text{ т/м}^3$.

Требуется определить:

Объём жидкой стали.

Полный объём ванны (с учётом шлака – 15% и запаса – 10%).

Внутренний диаметр конвертера на уровне подины.

Высоту цилиндрической части ванны.

Общую высоту внутреннего пространства конвертера (с учётом соотношения H/D).

Диаметр горловины и диаметр рабочего окна.

Толщину футеровки (подина, стены, горловина).

Наружный диаметр кожуха.

Порядок выполнения работы:

1 Проведите вариант расчёта с изменёнными параметрами и сравните результаты.

2 Сделайте вывод о параметрах конвертера.

Форма представления результата:

Эскиз продольного разреза конвертера с размерами.

Вывод о соответствии параметров типовым значениям для конвертера.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

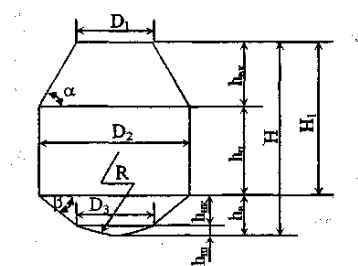


Рисунок - Профиль рабочего пространства конвертера: D_1 , D_2 , D_3 , - соответственно, диаметры горловины, цилиндрической части и днища; $h_{вк}$, $h_{нк}$, $h_{ц}$, $h_{в}$, $h_{ш}$ - соответственно, высота верхней и нижней конической частей, цилиндрической части, ванны и шаровой части; H и H_1 - соответственно, полная высота и высота свободного пространства.

Решение задачи.

Известно:

$G_K = 370$ т; $V_{уд} = 0,9$ м³/т; $i = 3,4$ м³/(т*мин). Пусть для продувки используется фурма с числом сопел $n = 6$.

Рабочий объем конвертера (V) составит

$$V = G_K * V_{уд} = 370 * 0,9 = 333 \text{ м}^3.$$

Объем ванны конвертера (V_3):

$$V_3 = G_K / \rho = 370 / 7 = 52,86 \text{ м}^3.$$

Здесь ρ - плотность жидкого металла, т/м³.

Глубина ванны конвертера

$$h_B = 0,36 * (i * G_K / n)^{0,3} \text{ или}$$

$$h_B = 0,451 \cdot G_K^{0,251} = 1,99 \text{ м.}$$

Диаметр ванны и цилиндрической части конвертера

$$D_2 = 0,83 \cdot G_K^{0,36} \text{ или } D_2 = 0,68 \cdot q_i^{0,4} (i/n)^{-0,4},$$

где q_i - расход кислорода на одно сопло, м³/мин.

$$q_i = G_K / n = 3,4 \cdot 370 / 6 = 210 \text{ м}^3/\text{мин}$$

$$D_2 = 0,68 \cdot 210^{0,4} (3,4/6)^{-0,4} = 7,24 \text{ м.}$$

Диаметр нижнего основания ванны или шарового сегмента

$$D_3 = 0,855 \cdot D_2 = 6,19 \text{ м.}$$

Диаметр горловины конвертера

$$D_1 = (0,4 \dots 0,6) D_2 = 0,5 \cdot 7,24 = 3,62 \text{ м.}$$

Высота верхней конической части

$$h_{BK} = (D_2 - D_1) / 2 \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) = 3,14 \text{ м } (\alpha = 60^\circ \dots 63^\circ).$$

Объем верхней конической части (V_1)

$$V_1 = (\pi \cdot h_{BK} / 12) \cdot (D_2^2 + D_2 \cdot D_1 + D_1^2) = 75,37 \text{ м}^3.$$

Объем цилиндрической части конвертера (V_2)

$$V_2 = V - V_1 - V_3 = 333 - 75,37 - 52,86 = 204,77 \text{ м}^3.$$

Высота цилиндрической части конвертера

$$h_{ц} = 4 \cdot V_2 / \pi \cdot D_2^2 = 4,98 \text{ м.}$$

Объем ванны с учетом вспенивания металла и шлака в процессе продувки

$$V_{\text{вспен}} = V_3 (0,75 \cdot i + 1) = 52,85 (0,75 \cdot 3,4 + 1) = 187,62 \text{ м}^3,$$

что меньше объема цилиндрической части конвертера.

Для минимизации потерь металла с выбросами и выносами должно быть соблюдено условие

$$h_{BK} + h_{ц} \geq k q_i^{0,4},$$

где $k = 1,17 - 0,58 [\text{Mn}]_{\text{ч}}$, если $[\text{Mn}]_{\text{ч}} \leq 0,55\%$.

$k = 0,93 - 0,19 [\text{Mn}]_{\text{ч}}$, если $[\text{Mn}]_{\text{ч}} > 0,55\%$.

Пусть $[\text{Mn}]_{\text{ч}} = 0,4\%$. Тогда $k = 1,17 - 0,58 \cdot 0,4 = 0,938$ и

$$3,14 + 4,98 > 0,938 \cdot 210^{0,4} \text{ условие соблюдается } (8,12 \text{ м} > 7,96 \text{ м}).$$

Общая высота рабочего пространства конвертера составит

$$H = h_{BK} + h_{Ц} + h_{в} = 3,14 + 4,98 + 1,99 = 10,11 \text{ м.}$$

Отношение высоты к диаметру цилиндрической части конвертера

$$H/D_2 = 10,11/7,24 = 1,4 \text{ (Обычно } 1,2 \dots 1,6 \text{).}$$

Размеры $h_{нк}$ и $h_{ш}$ могут быть определены из условий

$$h_{в} = h_{нк} + h_{ш}, \quad V_3 = V_{нк} + V_{ш}.$$

Здесь $V_{нк}$, $V_{ш}$ - соответственно, объем нижней конической части и шарового сегмента, м^3 .

В свою очередь

$$V_{нк} = (\pi * h_{нк} / 12) * (D_2^2 + D_2 * D_3 + D_3^2),$$

$$V_{ш} = (\pi * h_{ш} / 6) * [3(D_3/2)^2 + h_{ш}^2]$$

Решая систему уравнений совместно, получаем

$$h_{нк} = 1,1 \text{ м и } h_{ш} = 0,89 \text{ м.}$$

Расчеты можно упростить, если задать величину наклона стенки нижней конической части β ($\beta = 70 \dots 75^\circ$), Тогда

$$h_{нк} = [(D_2 - D_3)/2] \operatorname{tg} \beta.$$

Радиус сферической части R определяем по формуле шарового сегмента:

$$R = [(D_3/2)^2 + h_{ш}^2] / 2h_{ш} = [(6,19/2)^2 + 0,89^2] / 2 * 0,89 = 5,8 \text{ м.}$$

Данные для выполнения расчета

№ п/п	Вместимость конвертера	Удельный объем	Интенсивность продувки	Число сопел
1.	325	0,80	5,8	6
2.	350	0,78	5,6	4
3.	300	0,75	5,4	8
4.	400	0,73	5,2	4
5.	370	0,71	5,0	6
6.	400	0,69	4,8	8
7.	350	0,67	4,6	6
8.	400	0,65	4,4	8
9.	370	0,82	4,2	4
10.	325	0,84	4,0	6
11.	400	0,86	3,8	8
12.	370	0,88	3,6	4
13.	350	0,90	3,4	4

14.	300	0,92	3,2	8
15.	325	0,94	3,0	6
16.	400	0,96	2,8	6
17.	370	0,98	2,6	8
18.	300	0,1	2,4	4
19.	350	1,2	2,2	6

Тема 3.2 Механическое оборудование электросталеплавильных печей

Практическое занятие №18. Изучение оборудования кожуха печи

Цель работы:

Изучить конструкцию, назначение и принцип работы кожуха дуговой сталеплавильной печи (ДСП) и его основных элементов.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи»

Задание:

Изучить общую схему ДСП, выделить кожух как конструктивный элемент.

Определить основные части кожуха: цилиндрическую обечайку, коническое днище, опорное кольцо, фланец для крепления свода, цапфы для наклона печи.

Изучить способы крепления футеровки к кожуху

Составить перечень возможных причин дефектов и методов их устранения

Порядок выполнения работы:

1 Повторить теоретический материал по теме: Устройство, обслуживание и эксплуатация электропечей. Изучить теоретический материал

2 Изучить устройство механический состав оборудования кожуха печи.

Форма представления результата:

Экран компьютера

Критерии оценки

Оценка за выполненную практическую работу выставляется по оценке, полученной за режим тестирования соответствующего раздела тренажера

Краткие теоретические сведения

Дуговая сталеплавильная печь благодаря своим преимуществам предназначена, в основном, для производства легированных высококачественных сталей - коррозионностойких, инструментальных, конструкционных, электротехнических, жаропрочных и др., а также различных сплавов.

Печь ДСП состоит из металлического корпуса в виде кожуха, как правило, цилиндрической формы со сферическим днищем (рис. 1,2, 3). Изнутри кожух футерован высокоогнеупорными материалами. Плавильное пространство печи сверху перекрывается съемным сводом, огнеупорная кладка которого выполнена в специальном сводовом кольце. В стенах печи имеются одно или два

рабочих окна и одно выпускное отверстие с желобом для слива металла и шлака в ковш. Рабочие окна служат для загрузки шлакообразующих, руды, ферросплавов и для ряда технологических операций спуска шлака, взятия проб металла и шлака.

Дуговая печь опирается на два опорных сегмента - люльки, с помощью которых печь может наклоняться в сторону рабочего окна или выпускного отверстия. Наклон печи осуществляется при помощи механизма наклона с электрическим или гидравлическим приводом.

К моменту завалки загруженная корзина подается к печи с помощью мостового крана, и после отвода от печи свода корзина опускается в плавильное пространство. Замок, закрывающий днище корзины, выдергивается, и корзина с помощью крана вы-водится из печи. При этом, благодаря раскрытию дна корзины, вся содержащаяся в ней шихта остается на подине печи.

Для загрузки шихты в печь свод обычно поднимают к полупорталу и вместе с электродами отворачивают в сторону сливного желоба. Шихта в плавильное пространство опускается с помощью специальной корзины с открывающимся дном. В эти корзины (бадьи) вся шихта укладывается в определенном порядке на шихтовом участке цеха.

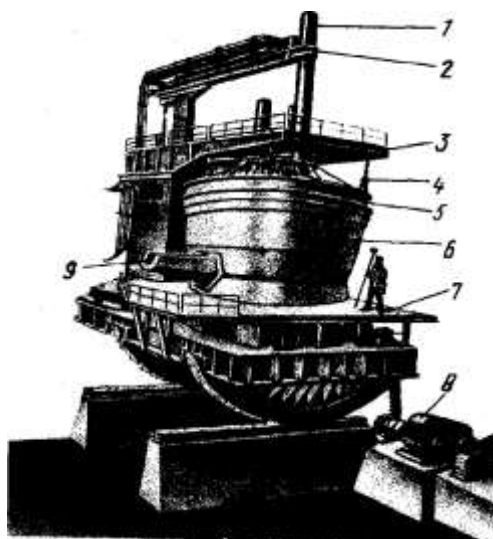


Рис. 1. Дуговая сталеплавильная печь (общий вид)

1 - электрод; 2 - головка электрододержателя; 3 - свод; 4 - подвеска свода; 5 - сводовое кольцо; 6 - цилиндрический кожух; 7 - рабочая площадка; 8 - механизм наклона печи; 9 - желоб для слива стали

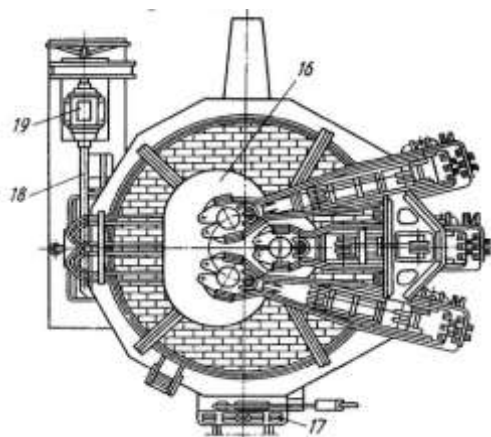


Рис. 2 Дуговая электрическая печь

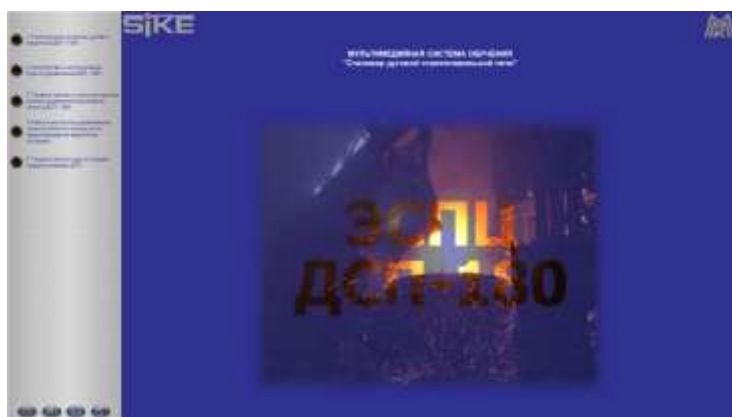
1 — электрод; 2 — стойка; 3 — электрошины, 4 — каретка; 5 — электрододержатели; 6 — холодильник; 7 — стальной трос; 8 — механизм передвижения электрода; 9 — стальной кожух печи; 10 — футеровка; 11 — выпускное отверстие; 12 — опора; 13 — сектор наклона печи; 14 — механизм наклона печи; 15 — свод; 16 — рабочая площадка; 17 — загрузочное окно; 18 — шпиндель механизма наклона печи; 19 — электродвигатель механизма наклона печи.

Источником тепла в дуговой печи является электрическая дуга, возникающая между электродами и жидким металлом или шихтой при приложении к электродам электрического тока необходимой силы. Дуга представляет собой поток электронов, ионизированных газов и паров металла и шлака. Температура электрической дуги превышает 3000 °С. Дуга, как известно, может возникать при постоянном и переменном токе.

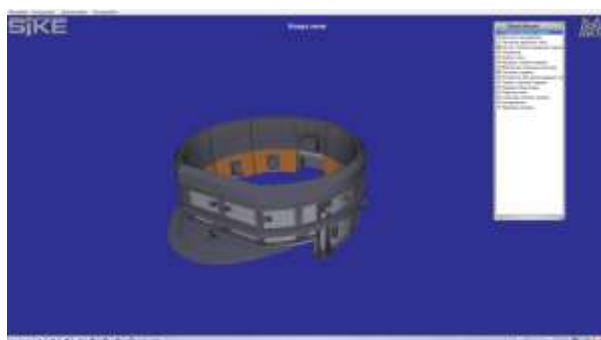
Дуговые печи работают на переменном токе. При горении дуги между электродом и металлической шихтой в первый период плавки, когда катодом является электрод, дуга горит, так как пространство между электродом и шихтой ионизируется за счет испускания электронов с нагретого конца электрода. При перемене полярности, когда катодом становится шихта - металл, дуга гаснет, так как в начале плавки металл еще не нагрет и его температура недостаточна для эмиссии электронов. При последующей перемене полярности дуга вновь возникает, поэтому в начальный период плавки дуга горит прерывисто, беспокойно. После расплавления шихты, когда ванна покрывается ровным слоем шлака, дуга стабилизируется и горит ровно.

Изучение устройство механического состава оборудования свода печи

1 Зайти в программу «Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов ДСП-180



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу кожух печи



Тема 3.3 Механическое оборудование внепечной обработки стали
Практическое занятие №19. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления агрегата «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы:

Изучить устройство и принципы управления агрегатом «печь-ковш» (АПК) для внепечной обработки стали с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE (3D-атлас или тренажёр-имитатор)

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «агрегат печь-ковш»

Задание:

Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства АПК.

Изучить трёхмерную модель агрегата: рассмотреть все основные узлы (кожух, свод, фурмы для продувки, система водоохлаждения, система подачи ферросплавов, механизм наклона ковша).

Для каждого узла ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).

Переключиться в режим «Тренажёр» и ознакомиться с виртуальным пультом управления (кнопки, рычаги, индикаторы, мнемосхема).

Составить краткое описание последовательности действий оператора АПК.

Порядок выполнения работы:

Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.

Запустить программу. В режиме «Обучение» последовательно изучить каждый узел АПК, записывая его назначение.

Перейти в режим «Тренажёр». Изучить расположение органов управления на пульте.

Пошагово выполнить заданный технологический цикл (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.

Заполнить протокол выполнения операций.

Ответить на контрольные вопросы (например: каково назначение водоохлаждаемого свода? для чего нужна продувка аргоном? как регулируется температура в ковше?).

Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Описание программы SIKE и её возможностей.

Схему (скриншот) трёхмерной модели АПК с обозначением основных узлов.

Таблицу «Основные узлы АПК и их функции».

Протокол выполнения симуляции (последовательность действий и показания приборов).

Вывод о практической ценности тренажёра.

Критерии оценки

«Отлично» – все режимы программы освоены, узлы идентифицированы верно, симуляция выполнена без ошибок, протокол заполнен, вывод полный.

«Хорошо» – допущены 1–2 ошибки при идентификации узлов или в последовательности операций, протокол заполнен не полностью.

«Удовлетворительно» – программа освоена поверхностно, узлы идентифицированы не все, симуляция выполнена с ошибками.

«Неудовлетворительно» – работа не выполнена.

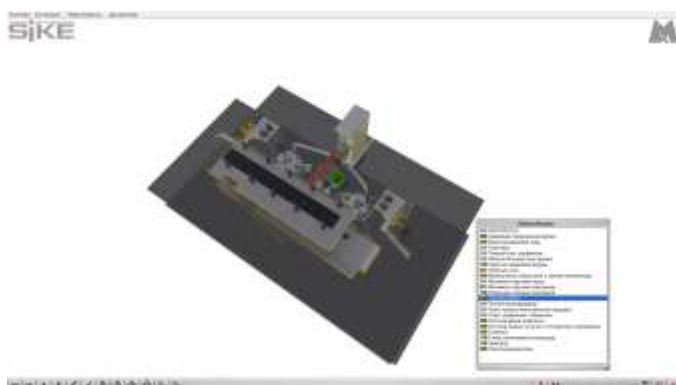
Краткие теоретические сведения

Изучение устройства и эксплуатации пульта управления агрегата «Печь-ковш»

1 Зайти в программу «Sike «Агрегат печь-ковш» ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов МНЛЗ



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу агрегат «печь-ковш»



Тема 3.3 Механическое оборудование внепечной обработки стали
Практическое занятие №20. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления
установкой «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE ЭСПЦ)

Цель работы:

Изучить устройство и принципы управления агрегатом «печь-ковш» (АПК) для внепечной обработки стали с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE (3D-атлас или тренажёр-имитатор)

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «агрегат печь-ковш» ЭСПЦ

Задание:

Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства АПК.

Изучить трёхмерную модель агрегата: рассмотреть все основные узлы (кожух, свод, фурмы для продувки, система водоохлаждения, система подачи ферросплавов, механизм наклона ковша).

Для каждого узла ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).

Переключиться в режим «Тренажёр» и ознакомиться с виртуальным пультом управления (кнопки, рычаги, индикаторы, мнемосхема).

Составить краткое описание последовательности действий оператора АПК.

Порядок выполнения работы:

Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.

Запустить программу. В режиме «Обучение» последовательно изучить каждый узел АПК, записывая его назначение.

Перейти в режим «Тренажёр». Изучить расположение органов управления на пульте.

Пошагово выполнить заданный технологический цикл (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.

Заполнить протокол выполнения операций.

Ответить на контрольные вопросы (например: каково назначение водоохлаждаемого свода? для чего нужна продувка аргоном? как регулируется температура в ковше?).

Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Описание программы SIKE и её возможностей.

Схему (скриншот) трёхмерной модели АПК с обозначением основных узлов.

Таблицу «Основные узлы АПК и их функции».

Протокол выполнения симуляции (последовательность действий и показания приборов).

Вывод о практической ценности тренажёра для обучения операторов. **Критерии оценки**

Критерии оценки

«Отлично» – все режимы программы освоены, узлы идентифицированы верно, симуляция выполнена без ошибок, протокол заполнен, вывод полный.

«Хорошо» – допущены 1–2 ошибки при идентификации узлов или в последовательности операций, протокол заполнен не полностью.

«Удовлетворительно» – программа освоена поверхностно, узлы идентифицированы не все, симуляция выполнена с ошибками.

«Неудовлетворительно» – работа не выполнена.

Краткие теоретические сведения

Изучение устройства и эксплуатации пульты управление агрегата «Печь-ковш»

1 Зайти в программу «Sike «Агрегат печь-ковш» ЭСПЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов МНЛЗ



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу агрегат «печь-ковш»



Тема 3.4 Механическое оборудование для разлива стали
Практическое занятие №21. Изучение основных участников линий, их назначение и взаимосвязь.

Цель работы: Изучить технологическую цепочку производства стали (от шихтовых материалов до готового проката), определить основных участников (агрегаты, оборудование, службы) и их взаимосвязь в рамках единого производственного процесса.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Разливщик стали МНЛЗ ККЦ»

Задание:

Выделить основные участки (линии) сталеплавильного производства:

Составить технологическую схему в виде блок-схемы с указанием материальных потоков.

Описать взаимосвязь участков: например, «от плавильного агрегата жидкая сталь поступает на внепечную обработку, затем на МНЛЗ, затем заготовки передаются в прокатный цех».

Указать информационные потоки (данные о температуре, химическом составе, массе) между участками.

Сделать вывод о важности синхронизации работы всех участков.

Порядок выполнения работы:

1 Повторить теоретический материал по теме: Комбинированные стендовые агрегаты

2 Изучить теоретический материал. Выполнить краткий конспект теоретического материала

3 Оформить работу в тетради для практических занятий.

4 Изучить устройство механический состав оборудования агрегата резки слябов.

Форма представления результата:

1 Краткий конспект

2 Экран компьютера

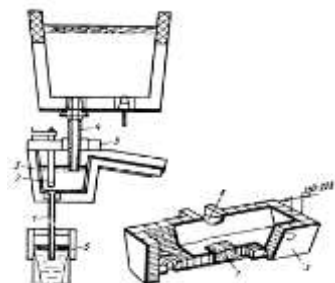
Критерии оценки

Оценка за выполненную практическую работу выставляется по оценке, полученной за режим тестирования соответствующего раздела тренажера.

Краткие теоретические сведения
Основные узлы МНЛЗ

Современная МНЛЗ состоит из следующих элементов и узлов: сталеразливочного стенда; промежуточного ковша; тележки или стенда для промежуточного ковша; кристаллизатора; механизма возвратно-поступального движения кристаллизатора; опорных элементов и устройств зоны вторичного охлаждения; устройства для транспортировки слитка; затравки; механизма для ввода и уборки затравки; устройств для резки непрерывнолитого слитка на заготовки мерной длины; устройства для уборки и транспортировки заготовок к прокатному цеху и в отделение отделки заготовок; устройства для подачи твердой или жидкой смазки; оборудования для подачи воды в кристаллизатор; зону вторичного охлаждения и на охлаждение элементов МНЛЗ; электрооборудования; средств контроля и автоматизации.

Промежуточный ковш, снабженный одним (или несколькими) стаканом со стопором, обеспечивает постоянный по ходу разливки и небольшой напор струи металла, поступающего в кристаллизатор (за счет поддержания в ковше постоянного уровня металла высотой 0,6—1,2 м), регулирование стопором скорости подачи металла в кристаллизатор, подачу металла в несколько кристаллизаторов на многоручьевых МНЛЗ, разливку по методу «плавка на плавку».



1 – погружной стакан, 2 – стопор, 3 – промежуточный ковш, 4 – защитная труба, 5 – крышка, 6 – кристаллизатор, 7 – участок струи, 8 – аварийный слив

Рисунок 1 – Устройство промежуточного ковша

Промежуточный ковш выполняется сварным из стальных листов, футерованным огнеупорными материалами. Для уменьшения тепловых потерь он снабжен крышкой, футерованной кирпичом или набивной огнеупорной массой.

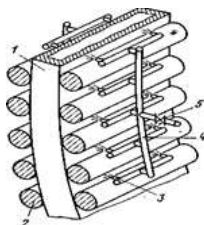
Для защиты металла от вторичного окисления используются погружные стаканы и защитные трубки. Погружные стаканы предназначены для защиты металла на участке промежуточный ковш – кристаллизатор. Защитные трубы используются для защиты металла от контакта с воздухом на участке сталеразливочный ковш – промежуточный ковш и изготавливаются из шамотографита или плавленого кварца.

Вторичное охлаждение. Основной технологической функцией зоны вторичного охлаждения (ЗВО) является создание оптимальных условий для полного затвердевания отливаемого слитка, обеспечивающих требуемого качества металла. Протяженность жидкой фазы в слитке на современных машинах непрерывной разливки в зависимости от сечения заготовки и скорости литья составляет 15 ... 40 м. На всем этом участке одновременно с затвердеванием металла происходит воздействие на него многочисленных силовых факторов: термическое напряжения, зависящие от условий охлаждения; растягивающие напряжения, определяемые трением и усилиями вытягивания; напряжения, возникающие под действием ферростатического давления жидкого расплава, которые вызывают выпучивание корки слитка.

Зону вторичное охлаждение наиболее часто выполняют в виде системы форсунок, подающих на поверхность слитка распыленную воду, и поддерживающих роликов.

Форсунки располагают между опорными роликами (рисунок 2) или брусками в один, два или три ряда вдоль направления движения слитка в зависимости от его ширины. При отливке

плоских слитков охлаждают широкие грани; у узких граней форсунки устанавливают лишь под кристаллизатором



1 – слиток, 2 – опорный ролик, 3 – форсунка, 4 – трубчатый коллектор, 5 – задвижка.

Рисунок 2 – Секция вторичного охлаждения

Интенсивность охлаждения должна уменьшаться по мере удаления слитка от кристаллизатора. С тем, чтобы обеспечить постепенное снижение расхода воды, зону вторичного охлаждения делят по длине на несколько (до восьми) секций, объединяющих группу форсунок и имеющих самостоятельный подвод воды.

Интенсивность вторичного охлаждения зависит от свойств разливаемой стали (склонности к образованию трещин) и от скорости разливки, при росте которой интенсивность подачи воды увеличивают. Общий расход воды на вторичное охлаждение при разливке спокойной стали составляет 0,4—1,0 м³/т при скорости вытягивания крупных слитков 1,0—1,4 м/мин. Протяженность зоны непосредственного охлаждения водой на слиток может составлять до 10—12 м.

Охлаждение слитка в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ. Режим охлаждения слитка в ЗВО должен обеспечить минимальную продолжительность полного затвердевания непрерывного слитка и отсутствие поверхностных и внутренних дефектов. Экспериментальные и теоретические исследования по влиянию режимов охлаждения на качество непрерывного слитка позволили определить следующие требования к системе вторичного охлаждения и охлаждению непрерывнолитого слитка:

- монотонное снижение температуры поверхности заготовки до полного затвердевания слитка;
- на всем протяжении ЗВО температура поверхности слитка должны находиться в области температур пластической деформации данной стали;
- равномерное распределение температуры по поверхности слитка;
- возможность регулирования интенсивности охлаждения и протяженности зоны вторичного водяного охлаждения в зависимости, от марок разливаемой стали, скорости разливки и глубины жидкой фазы;
- надежность работы системы в течение длительного времени.

Поддерживающие устройства. В зоне вторичного охлаждения на корочку слитка действует ферростатическое давление столба жидкого металла, в результате чего возможно раздутие (выпучивание) по граням слитка. Для предотвращения этого в зоне вторичного охлаждения устанавливают рамы с поддерживающими роликами (рисунок 2).

В машинах для отливки слитков квадратного или близкого к квадрату прямоугольного сечения опорные устройства расположены со всех четырех сторон слитка; при отливке плоских слитков — вдоль двух широких граней слитка. Для удобства замены при ремонтах группы соседних верхних и нижних роликов объединены в отдельные секции, где в общем каркасе смонтировано от 2 до 7 пар роликов. В связи с тем, что по мере увеличения толщины затвердевающей корки жесткость слитка возрастает, диаметр роликов по мере отдаления от кристаллизатора увеличивается. Так при отливке слитков толщиной 300 мм диаметр роликов от 150—200 мм у кристаллизатора возрастает до 480—600 мм на горизонтальном участке.

Устройство для резки слитка на куски определенной длины (заготовки) устанавливаются в конце технологической линии МНЛЗ на ее горизонтальном (вертикальном) участке. Обычно применяются газокислородные резаки или гидравлические ножницы. Вне зависимости от способа резания, устройство снабжено механизмом передвижения, позволяющим осуществлять резку в процессе движения слитка.

Оборудование для быстрой смены ковшей. Современные МНЛЗ оборудуют поворотными и иногда передвижными стендами, которые обеспечивают подачу ковшей с металлом к машине, взвешивание и установку ковша со скоростями, позволяющими вести разливку методом «плавка на плавку». По конструкции и принципу работы сталеразливочные стенды делятся на два типа – мостовые и поворотные. Все они рассчитаны на установку двух ковшей. Наиболее современный подъемно-поворотный стенд (см. рисунок 33) имеет располагаемую на основании 1 поворотную платформу 2, на которую через ось 6 опирается консоль 7. В подвесках 4 консоли можно установить два ковша (5а и б); вертикальное перемещение ковша достигается качанием консоли, при этом тяга 3 обеспечивает плоскопараллельное движение подвесок и ковшей.

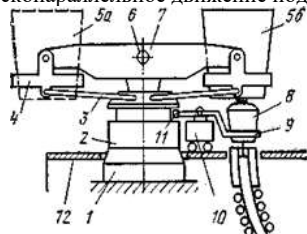


Рисунок 3 – Стенд подъемно-поворотный

Изучение устройство механического состава оборудования агрегата резки слэбов

1 Зайти в программу «Sike «Разливщик стали МНЛЗ ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов МНЛЗ



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу агрегат резки слябов



Тема 3.4 Механическое оборудование для разлива стали
Практическое занятие №22. Расчет непрерывной разливки стали на МНЛЗ
радиального типа

Цель: Научиться рассчитывать основные технологические параметры непрерывной разливки стали на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) радиального типа.

Выполнив работу, вы будете уметь:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разлива после ремонта

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;

Материальное обеспечение:

Справочные таблицы соотношений размеров конвертеров;

Данные о плотности жидкой стали и шлака;

Калькулятор;

Задание:

Определить рекомендуемую скорость вытягивания заготовки (по эмпирическим формулам или справочным данным для данного сечения и марки стали).

Рассчитать производительность МНЛЗ (в тоннах в час) при данной скорости.

Определить длину жидкой лунки (глубину жидкой фазы) по формуле (приближённо).

Рассчитать время пребывания заготовки в кристаллизаторе (длина кристаллизатора принять 0,8 м).

Определить интенсивность охлаждения в зоне вторичного охлаждения (удельный расход воды) по справочным данным для данного сечения.

Оценить, как изменится производительность при увеличении сечения до 200×200 мм (при той же скорости).

Порядок выполнения работы:

1 По справочным данным для МНЛЗ радиального типа определить скорость вытягивания для сечения 150×150 мм (ориентировочно 1,5–2,5 м/мин). Принять 2,0 м/мин.

Рассчитать производительность:

Определить длину жидкой лунки (приближённо по формуле

Рассчитать время в кристаллизаторе:

Для зоны вторичного охлаждения указать удельный расход воды (по справочнику для 150×150 ≈ 0,5–1,0 л/кг стали). Принять 0,8 л/кг.

Для сечения 200×200 мм: при той же скорости производительность возрастёт пропорционально площади:

Сделать вывод о зависимости производительности от сечения и скорости.

Форма представления результата:

Вывод о соответствии параметров типовыми параметрами: расчёт скорости вытягивания, расчёт производительности, расчёт времени в кристаллизаторе, расчёт удельного расхода воды, расчёт производительности для другого сечения и вывод о влиянии параметров на эффективность МНЛЗ.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется если расчёт выполнен полностью и без ошибок, выполнен вывод чёткий, конкретный и содержит практические рекомендации, отчёт оформлен аккуратно, структурированно, работа сдана в установленный срок.

Оценка «хорошо» выставляется если расчёт выполнен правильно, но допущены незначительные арифметические ошибки (не более одной), вывод сформулирован, но не содержит чёткой привязки к практическим действиям, оформление отчёта в целом соответствует требованиям, но есть небольшие недочёты, работа сдана с задержкой до 2 дней.

Оценка «удовлетворительно» выставляется если расчёт выполнен с ошибками в 2–3 элементах (неправильные формулы или подстановки), но основная идея расчёта понятна; вывод отсутствует или не соответствует полученным расчётам; оформление отчёта небрежное, работа сдана с задержкой более 2 дней, но до 5 дней.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется если расчёт не выполнен или содержит грубые ошибки во всех элементах (более 3 ошибок), что делает результаты недостоверными; вывод не сформулирован; оформление отчёта отсутствует или не соответствует минимальным требованиям, работа не сдана в срок (более 5 дней) или вообще не представлена.

Краткие теоретические сведения

Пример расчёта

Разливаемая сталь марки А12 имеет следующий химический состав, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали марки А12

Химический элемент	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
	не более или в диапазоне			не более				
Содержание, %	0,08... 0,10	0,15... 0,35	0,7... 0,9	0,08... 0,12	0,08... 0,15	0,10	0,12	0,15
Принято, %	0,09	0,25	0,8	0,1	0,12	0,1	0,12	0,15

Сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием ГОСТ –1414 – 75. При массовой доле фосфора менее 0,10%, массовая доля серы должна быть в пределах 0,10...0,12%. При разливке «открытой струей» массовая доля алюминия должна быть не более 0,006%, в работе принимается 0,005 %. Рекомендуется иметь отношение кальция к алюминию 0,05...0,30.

Температура разливаемого металла оказывает существенное влияние, как на технологию непрерывной разливки, так и на качество получаемой заготовки. Наилучшие результаты получаются в том случае, когда металл в промежуточном ковше имеет перегрев над температурой ликвидус 30...40°C, принимаем 35°C.

Температура ликвидус для стали марки А12:

$$t_{\text{лик}} = 1536,6 - 82 \cdot [C] - 8 \cdot [Si] - 5 \cdot [Mn] - 25 \cdot [S] - 30 \cdot [P] - 1,5 \cdot [Cr] - 4 \cdot [Ni] - 5 \cdot [Cu] - 5,1 \cdot [Al] - 2 \cdot [V] - 18 \cdot [Ti] - 3 \cdot [Mo] - 1,8 \cdot [Co] - 1 \cdot [W],$$

где $t_{\text{лик}}$ – температура начала затвердевания стали, °C;
1536,6 – температура затвердевания чистого железа, °C;

82; 8; 5; 25; 30; 1,5; 4; 5; 5,1 – величины снижения температуры затвердевания железа при введении в него 1%, соответственно, углерода, кремния, марганца, серы, фосфора, хрома, никеля, меди, алюминия, °C/%

[C], [Si], [Mn], [S], [P], [Cr], [Ni], [Cu], [Al] – содержание в стали, соответственно, углерода, кремния, марганца, серы, фосфора, хрома, никеля, меди, алюминия, %.

$$t_{\text{лик}} = 1536,6 - 82 \cdot [0,09] - 8 \cdot [0,25] - 5 \cdot [0,8] - 25 \cdot [0,10] - 30 \cdot [0,12] - 1,5 \cdot [0,1] - 4 \cdot [0,12] - 5 \cdot [0,15] - 5,1 \cdot [0,005] = 1515^{\circ}\text{C}$$

Температура металла в промежуточном ковше:

$$t_{\text{пк}} = t_{\text{лик}} + \Delta t_{\text{пер}},$$

где $t_{\text{пк}}$ – температура металла в промежуточном ковше, °C;

$t_{\text{лик}}$ – температура ликвидус, °C.

$$t_{\text{пк}} = 1515 + 35 = 1550^{\circ}\text{C}$$

Расчет продолжительности затвердевания заготовки

Главными факторами, определяющими продолжительность затвердевания непрерывнолитых заготовок, являются размеры её поперечного сечения: толщина a и ширина b . С достаточной точностью продолжительность затвердевания заготовки можно определить по формуле:

$$\tau_3 = K_{\phi} \left(\frac{a}{2 \cdot K_3} \right)^2$$

где τ_3 – продолжительность затвердевания, мин;

K_{ϕ} – коэффициент формы поперечного сечения;

a – толщина заготовки, мм;

K_3 – коэффициент затвердевания, мм / мин^{0,5}.

Величина коэффициента затвердевания стали K_3 принимается:

$K_{\phi} = 26 \text{ мм/мин}^{0,5}$, т.к. величина перегрева стали в промежуточном ковше над температурой ликвидус 35°C.

Величина коэффициент коэффициента формы поперечного сечения заготовки K_{ϕ} вычисляется по формуле:

$$K_{\phi} = 0,5 - 0,25 \cdot \frac{b}{a},$$

где b – ширина заготовки

$$K_{\phi} = 0,5 - 0,25 \cdot \frac{150}{150} = 0,75$$

Продолжителность затвердевания заготовки:

$$\tau_3 = 0,75 \cdot \left(\frac{150}{2 \cdot 25} \right)^2 = 6,51 \text{ мин}$$

Определение скорости разливки и диаметра каналов в разливочных стаканах

Весовая скорость разливки металла из сталеразливочного ковша определяется по формуле:

$$q = \frac{M}{\tau_p}$$

где q – весовая скорость разливки металла из сталеразливочного ковша, т/мин;

M – масса металла в сталеразливочном ковше, т;

τ_p – продолжительность разливки металла одной плавки, мин.

$$q = \frac{188}{80} = 2,35 \text{ т/мин}$$

Диаметр канала стакана сталеразливочного ковша вычисляется по формуле:

$$d_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{q}{K_{q \text{ ск}} \cdot h_{\text{ск}}^{0,5}}},$$

где $d_{\text{ск}}$ – диаметр канала стакана сталеразливочного ковша, мм;

$K_{q \text{ ск}}$ – коэффициент весовой скорости разливки металла из сталеразливочного ковша, т/(мин·мм²·м^{0,5});

$h_{\text{ск}}$ – высота слоя жидкого металла в сталеразливочном ковше, м.

При расчете рекомендуется принимать следующие значения параметров:

$K_{q \text{ ск}} = 1,40 \cdot 10^{-3} \text{ т/(мин} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}^{0,5})$; $h_{\text{ск}} = 0,8 \dots 1,0 \text{ м}$.

$$d_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{2,35}{1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9^{0,5}}} = 42,1 \text{ мм}.$$

Диаметр канала сталеразливочного ковша принимается путем округления в большую сторону до целого значения, вычисленного по формуле (6), в расчете принимаем 45 мм.

После этого производится определение диаметра каналов стаканов промежуточного ковша:

$$d_{\text{пк}} = \sqrt{\frac{q}{N \cdot K_{q \text{ пк}} \cdot h_{\text{пк}}^{0,5}}},$$

где $d_{\text{пк}}$ – диаметр канала стакана промежуточного ковша, мм;

N – количество ручьев МНЛЗ, шт.;

$K_{q \text{ пк}}$ – коэффициент весовой скорости разливки металла из промежуточного ковша, т/(мин·мм²·м^{0,5});

$h_{\text{пк}}$ – высота слоя жидкого металла в промежуточном ковше, м.

Рекомендуется принимать следующие значения параметров:

$K_{q \text{ пк}} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ т/(мин} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}^{0,5})$; $h_{\text{пк}} = 0,7 \dots 0,8 \text{ м}$.

$$d_{\text{пк}} = \sqrt{\frac{2,35}{5 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75^{0,5}}} = 19,2 \text{ мм}.$$

При разливке открытой струей диаметр канала стакана промежуточного ковша принимается путем округления в большую сторону до целого значения, определенного по формуле, принимаем 19 мм.

Расчет скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора

При установившемся режиме непрерывной разливки стали уровень жидкого металла в кристаллизаторе должен быть постоянным. Для соблюдения этого условия между весовой скоростью разливки металла в каждом ручье и скоростью вытягивания заготовки из кристаллизатора существует следующая зависимость:

$$\frac{q}{N} = \rho_{\text{ст}} \cdot a \cdot b \cdot v,$$

где $\rho_{\text{ст}}$ – плотность затвердевшей стали на выходе из зоны вторичного охлаждения, т/м³; $\rho_{\text{ст}} = 7,5 \dots 7,6 \text{ т/м}^3$;

a – толщина заготовки, м;

b – ширина заготовки, м;

v – скорость вытягивания заготовки из кристаллизатора, м/мин.

После преобразования формулы вычисляется расчетное значение скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора

$$v = \frac{q}{N \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot a \cdot b}$$

$$v = \frac{2,35}{5 \cdot 7,55 \cdot 0,15 \cdot 0,15} = 2,75 \text{ м/мин.}$$

Найденное значение скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора должно обеспечивать получение в заготовке на выходе из кристаллизатора корочки затвердевшего металла достаточной толщины для исключения возникновения аварийных прорывов жидкого металла. Поэтому по известной формуле квадратного корня вычисляется расчетное значение толщины слоя затвердевшего металла в заготовке на выходе из кристаллизатора. Это расчетное значение сравнивается с рекомендуемым значением.

Минимально допустимая толщина корочки затвердевшего металла (мм) в сортовой заготовке на выходе из кристаллизатора должна быть не менее 15 мм.

В случае, если расчетное значение толщины слоя затвердевшего металла меньше рекомендуемого значения, необходимо произвести коррекцию скорости вытягивания заготовки в сторону ее снижения, произведя обратный расчет. После этого следует вычислить скорректированное значение продолжительности разливки металла одной плавки с использованием формулы:

$$\tau_{\text{кор}} = \frac{M}{N \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot a \cdot b \cdot v_{\text{кор}}},$$

где $\tau_{\text{кор}}$ – скорректированное значение продолжительности разливки металла одной плавки, мин;

$v_{\text{кор}}$ – скорректированное значение скорости вытягивания заготовки, м/мин.

$$v_{\text{кор}} = \frac{K_3 \cdot h_m}{\xi^2} = \frac{26^2 \cdot 0,8}{15^2} = 2,4 \text{ м/мин}$$

$$\tau_{\text{кор}} = \frac{188}{5 \cdot 7,55 \cdot 0,15 \cdot 0,15 \cdot 2,5} = 90,2 \text{ мин}$$

В процессе разливки стали из промежуточного ковша в кристаллизаторы происходит так называемое «затягивание» разливочных стаканов, причиной которого является отложение на стенках канала неметаллических включений. Это вызывает снижение как весовой скорости разливки стали, так и скорости вытягивания заготовок.

При уменьшении скорости разливки продолжительность разливки металла возрастает. Чрезмерное увеличение продолжительности разливки ведет к уменьшению выхода годного металла из-за затвердевания некоторого его количества в сталеразливочном ковше, а также создает трудности с организацией разливки методом «плавка на плавку». Поэтому на практике устанавливается допустимое значение минимальной скорости разливки.

Минимально допустимое значение скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора обычно составляет 60...70 % от его расчетного значения. Значение минимально допустимой скорости вытягивания заготовки должно быть определено в работе.

При вытягивании заготовки из кристаллизатора он совершает возвратно-поступательные движения вверх-вниз (качается) для облегчения отделения затвердевшей корочки заготовки от стенок кристаллизатора.

Частота качания кристаллизатора находится из выражения:

$$f = K_f \cdot \frac{v_p \cdot 10^3}{A_k}$$

где f – частота качания кристаллизатора, 1/мин;

K_f – коэффициент частоты качания;

A_k – амплитуда качания кристаллизатора, мм.

На современных сортовых машинах при отливке заготовки со стороны приведенного квадрата:

менее 150 мм $A_k=5,5$ мм и $K_f=0,330$;

150 мм и более $A_k=3,5$ мм и $K_f=0,315$.

$$f = 0,315 \cdot \frac{2,4 \cdot 10^3}{3,5} = 216 \text{ 1/мин.}$$

Внутри вытягиваемой из кристаллизатора заготовки находится лунка жидкого металла, длина которой определяется по формуле:

$$L_{\text{ж}} = \tau_3 \cdot v,$$

где $L_{\text{ж}}$ – глубина лунки жидкого металла, м.

$$L_{\text{ж}} = 6,51 \cdot 2,4 = 15 \text{ м}$$

Обязательным условием получения плотной структуры в осевой зоне заготовки является соблюдение соотношения:

$$\frac{L_{\text{ж}}}{L_{\text{мет}}} \leq 0,9$$

где $L_{\text{мет}}$ – металлургическая длина МНЛЗ (расстояние по оси заготовки от поверхности жидкого металла в кристаллизаторе до оси последнего ролика рольганга перед газорезкой), м.

$$\frac{L_{\text{ж}}}{L_{\text{мет}}} = 0,624$$

В случае несоблюдения условия (13) скорость вытягивания заготовки из кристаллизатора необходимо соответственно уменьшить, после чего следует пересчитать значения минимально допустимой скорости вытягивания заготовки и продолжительности разливки металла одной плавки.

Расход материалов для смазки в кристаллизаторе

При разливке стали открытой струей в качестве смазки в кристаллизаторе используется масло со следующими техническими характеристиками:

Содержание влаги не более 0,2 %

Кислотное число* не более 0,6 мг КОН/г

Температура вспышки не менее 230 °С.

Расход масла в кристаллизаторе должен быть 50...100 г/мин на один ручей.

В качестве смазки стенок кристаллизатора при непрерывной разливке используется синтетическое масло.

Определение параметров кристаллизатора и направляющих элементов зоны вторичного охлаждения (ЗВО)

В задании указаны те размеры поперечного сечения непрерывнолитой заготовки 150×150 мм, которые она должна иметь на выходе из сортовой МНЛЗ. Кристаллизующаяся заготовка имеет несколько большие размеры поперечного сечения, которые постепенно уменьшаются по мере ее охлаждения. Поэтому поддерживающая система МНЛЗ настраивается таким образом, чтобы расстояние между противоположными стенками гильзового кристаллизатора и противоположными роликами системы вторичного охлаждения монотонно уменьшалось в направлении движения заготовки. Обычно ширина и толщина поперечного сечения сортовой заготовки в верхней части кристаллизатора превышает заданные размеры на 3...4%, а толщина – на 3,5...4,5%. В нижней части кристаллизатора превышение размеров по ширине и толщине практически одинаковое и составляет 1,9...2,7 %.

Поддерживающая система в зоне вторичного охлаждения сортовой заготовки не является сплошной и состоит из нескольких пар направляющих роликов, поддерживающих все грани заготовки (рисунок 1).

Количество и расположение роликов относительно технологической оси машины должно быть выбрано в соответствии с известной информацией об устройстве сортовых МНЛЗ.

Расстояние между опорными поверхностями роликов уменьшается линейно по длине зоны вторичного охлаждения. Это расстояние по любой стороне квадратной заготовки или по толщине заготовки прямоугольного сечения может быть рассчитано по формуле

$$A_i = A_1 - (A_1 - a) \cdot \frac{L_i}{L_{\text{ЗВО}}},$$

где A_i – расстояние между противоположными роликами для i -ой пары роликов, мм;

A_1 – расстояние между противоположными стенками в нижней части кристаллизатора, мм;

a – толщина отливаемой заготовки, мм;

L_i – расстояние от начала зоны вторичного охлаждения до начала i -ой пары роликов, м;

$L_{\text{ЗВО}}$ – длина зоны вторичного охлаждения МНЛЗ, м.

Так как заготовка квадратного сечения, то длина будет равна ширине, то есть параметры A_j , A_1 , a и B_j , B_1 , b будут равны.

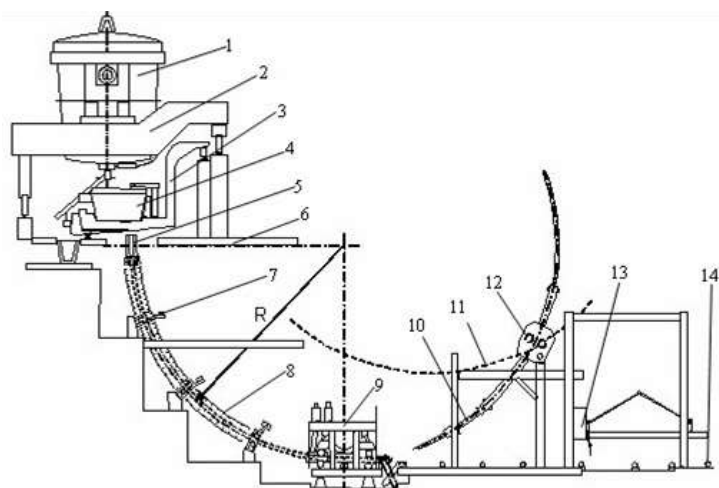


Рисунок 1 – Схема охлаждения и поддерживающей системы сортовой заготовки:

1 – гильзовый кристаллизатор с роликами на раме;

2 – зона вторичного охлаждения по малому радиусу машины;

3 – зона вторичного охлаждения по большому радиусу машины;

4 – пары направляющих роликов.

Расчет параметров настройки МНЛЗ заключается в определении расстояний между противоположными стенками вверху и внизу кристаллизатора и между противоположными роликами на входе и выходе каждой зоны системы вторичного охлаждения.

$$A_0 = 1,04 \cdot 0,15 = 0,26 \text{ м} = 156 \text{ мм},$$

$$B_0 = A_0 = 156 \text{ мм},$$

$$A_1 = 1,23 \cdot 0,15 = 0,15345 \text{ м} = 153,45 \text{ мм},$$

$$B_1 = B_0 = 153,45 \text{ мм}.$$

Расстояние между противоположными роликами для каждой секции зоны вторичного охлаждения:

1^{ая} зона:

$$A_2 = 153,45 - (153,45 - 150) \cdot \frac{0,34}{9,77} = 153,33 \text{ мм},$$

2^{ая} зона:

$$A_4 = 153,45 - (153,45 - 150) \cdot \frac{0,34 + 2,36}{9,77} = 152,5 \text{ мм},$$

3^{ая} зона:

$$A_5 = 153,45 - (153,45 - 150) \cdot \frac{0,34 + 2,36 + 3,46}{9,77} = 151,28 \text{ мм}$$

4^{ая} зона:

$$A_6 = 153,45 - (153,45 - 150) \cdot \frac{0,34 + 2,36 + 3,46 + 3,61}{9,77} = 150 \text{ мм}$$

1.7 Определение режима первичного охлаждения заготовки

На сортовых МНЛЗ применяются гильзовые кристаллизаторы из цельнотянутых медных труб со стенкой толщиной до 20 мм. Внутренняя поверхность гильзы является рабочей стенкой кристаллизатора. Гильза крепится в стальном корпусе в верхней его части при помощи фланца, а в нижней части – с помощью уплотнения, допускающего свободное термическое удлинение для исключения деформации стенки. Для предотвращения коробления гильзы предусмотрено также наличие рёбер жёсткости. Охлаждающая вода движется по зазору шириной 4...7 мм между внешней поверхностью гильзы и корпусом в направлении снизу и вверх.

Основным показателем, характеризующим режим первичного охлаждения заготовки в кристаллизаторе, является расход охлаждающей воды.

Расход воды на охлаждение кристаллизатора должен быть таким, чтобы обеспечивалось выполнение двух условий:

– температура воды на выходе из кристаллизатора не должна превышать 40...45 °С для предотвращения отложения солей;

– скорость циркуляции воды должна быть не менее 7 м/с для предотвращения образования застойных зон с локальным перегревом.

Расход воды, обеспечивающий выполнение первого условия, определяется по формуле:

$$G_{кр} = \frac{3,6 \cdot Q \cdot F_{кр}}{\rho_{в} \cdot c_{в} \cdot \Delta t_{в}}$$

где $G_{кр}$ – расход воды на охлаждение кристаллизатора по рассматриваемому условию, м³/ч;

Q – средняя плотность теплового потока от заготовки к кристаллизатору, Вт/м²;

$F_{кр}$ – площадь поверхности кристаллизатора, воспринимающая тепловой поток, м²;

$\rho_{в}$ – плотность воды, кг/м³;

$c_{в}$ – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·град);

$\Delta t_{в}$ – перепад температуры воды в кристаллизаторе, °С.

В формуле (15) средняя плотность теплового потока от заготовки к кристаллизатору вычисляется по формуле:

$$Q = \lambda \frac{\Delta t}{\xi_0},$$

где Q – средняя плотность теплового потока от заготовки к кристаллизатору, Вт/м²;

λ – коэффициент теплопроводности затвердевшего металла, Вт/(м·град);

Δt – средний перепад температуры между температурой жидкого металла и температурой поверхности заготовки, °С;

ξ_0 – средняя толщина слоя затвердевшего металла в кристаллизаторе, м.

Рекомендуются следующие значения коэффициента теплопроводности:

28...33 Вт/(м·град) – для углеродистой стали;

25...30 Вт/(м·град) – для легированной стали.

Значение коэффициента теплопроводности для стали марки А12 принимаем $\lambda = 27$ Вт/(м·град), из интервала 25-30 Вт/(м·град) для легированной стали.

$$Q = 27 \cdot \frac{375}{0,011} = 1019749 \text{ Вт/м}^2,$$

Средний перепад температуры между температурой жидкого металла и температурой поверхности заготовки изменяется в диапазоне 350...400 °С. В данном расчете принимаем 375 °С.

Средняя толщина слоя затвердевшего металла в кристаллизаторе определяется по формуле:

$$\xi_0 = K_3 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{H_{кр} - \Delta h}{2v_p}},$$

где K_3 – коэффициент затвердевания, мм/мин^{0,5};

$H_{кр}$ – высота кристаллизатора, $H_{кр} = 900$ мм;

Δh – величина недолива жидкого металла до поверхности края медной плиты кристаллизатора, $\Delta h = 200$ мм.

v_p – рабочая скорость вытягивания заготовки, м/мин.

$$\xi_0 = 26 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{0,9 - 0,2}{2 \cdot 2,4}} = 0,01 \text{ м.}$$

Площадь поверхности кристаллизатора, воспринимающая тепловой поток, рассчитывается по уравнению:

$$F_{кр} = \left[A_0 - \frac{(A_0 - A_1)}{H_{кр}} \Delta h + A_1 + B_0 - \frac{(B_0 - B_1)}{H_{кр}} \Delta h + B_1 \right] \cdot (H_{кр} - \Delta h)$$

$$F_{кр} = \left[0,156 - \frac{(0,156 - 0,15345)}{0,9} \cdot 0,2 + 0,15345 + 0,156 - \frac{(0,156 - 0,15345)}{0,9} \cdot 0,2 + 0,15345 \right] \cdot (0,9 - 0,2) = 0,431 \text{ м}^2.$$

Удельная теплоемкость воды может быть принята равной 4,187 кДж/(кг·град).

В формуле (15) перепад температуры воды в кристаллизаторе вычисляется как разность между температурой воды на выходе из кристаллизатора (40...45 °С) и ее температурой на входе (15...25 °С).

$$G_{кр} = \frac{3,6 \cdot 1019749 \cdot 0,431}{1000 \cdot 4,187 \cdot 20} = 18,19 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расход воды, обеспечивающий выполнение второго условия – заданную скорость ее движения, определяется по формуле:

$$G_{кр} = 3600 \cdot F_{охл} \cdot v_v,$$

где $G_{кр}$ – расход воды на охлаждение кристаллизатора по рассматриваемому условию, м³/ч;

v_v – скорость движения воды, м/с ;

$F_{охл}$ – площадь поперечного сечения зазора между медной гильзой и стальным корпусом, м²;

Расход воды составит:

$$G'_{кр} = 3600 \cdot 0,00293 \cdot 10 = 105,46 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Наибольшее значение расхода воды принимается для дальнейших расчетов – 105,5 м³/ч

Расчет режима вторичного охлаждения заготовки

Режим вторичного охлаждения сортовой заготовки рассчитывается для заданной скорости ее вытягивания из кристаллизатора. Расчет режима вторичного охлаждения заготовки осуществляется по каждому из участков зоны вторичного охлаждения (ЗВО) МНЛЗ. Так как по длине любого участка зоны вторичного охлаждения все показатели, характеризующие тепловое состояние кристаллизующейся заготовки, непрерывно меняются, то расчет ведется для середины участка.

Расчет каждого участка производится в следующей последовательности.

1. Вычисляется продолжительность времени от начала кристаллизации заготовки по формуле:

$$\tau_i = \frac{L_i}{v_{\text{зад}}},$$

где τ_i - продолжительность времени от начала кристаллизации заготовки, мин;

L_i - расстояние от поверхности жидкого металла в кристаллизаторе до середины i -го участка зоны вторичного охлаждения, м;

$v_{\text{зад}}$ - заданное значение скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора для расчета режима вторичного охлаждения, м/мин.

2. Определяется толщина слоя затвердевшего металла с использованием формулы:

$$\xi_i = K_3 \cdot 10^{-3} \sqrt{\tau_i},$$

где ξ_i - толщина слоя затвердевшего участка в середине i -го участка зоны вторичного охлаждения, м.

3. Рассчитывается температура поверхности по оси верхней грани заготовки по формуле:

$$t_{\text{пов } i} = t_{\text{нач}} - (t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}}) \cdot \left(\frac{L_{i \text{ зво}}}{L_{\text{зво}}} \right)^{\frac{1}{5}},$$

где $t_{\text{пов } i}$ - температура поверхности заготовки i -го участка зоны вторичного охлаждения, °C;

$t_{\text{нач}}$ - температура поверхности оси широкой грани заготовки в начале зоны вторичного охлаждения, °C;

$t_{\text{кон}}$ - температура поверхности оси широкой грани заготовки в конце зоны вторичного охлаждения, °C;

$L_{i \text{ зво}}$ - расстояние от начала зоны вторичного охлаждения до середины i -го участка, м;

$L_{\text{зво}}$ - общая протяженность зоны вторичного охлаждения машины, м.

В формуле (22) температура поверхности по оси верхней грани заготовки в начале зоны вторичного охлаждения вычисляется с использованием формулы:

$$t_{\text{нач}} = t_{\text{лик}} - \left(70 + k_t \frac{H_{\text{кр}} - \Delta h}{v_{\text{зад}}} \right),$$

где k_t - температурный коэффициент, зависит от химического состава разливаемой стали марки А12, принимаем 210 °C/мин.

$$t_{\text{нач}} = 1515 - \left(70 + 210 \cdot \frac{0,9 - 0,2}{2,5} \right) = 1387 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура поверхности по оси широкой грани заготовки в конце зоны вторичного охлаждения для заданной марки имеет следующее значение $t_{\text{кон}} = 950^\circ\text{C}$.

4. Подсчитывается плотность теплового потока:

- от жидкой сердцевин к поверхности заготовки через слой затвердевшего металла:

$$Q_{\text{вн}} = \lambda \frac{\Delta t_i}{\xi_i},$$

где $Q_{\text{вн}}$ - плотность теплового потока от жидкой сердцевин к поверхности заготовки, Вт/м²;

Δt_i - перепад температуры по толщине затвердевшего слоя металла (°C), определяется по формуле:

$$\Delta t_i = t_{\text{лик}} - t_{\text{пов } i};$$

- с поверхности заготовки в окружающую среду излучением:

$$Q_{\text{изл}} = \gamma \cdot c_0 \left[\left(\frac{t_{\text{пов } i} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{окр}} + 273}{100} \right)^4 \right],$$

где $Q_{\text{изл}}$ – плотность теплового потока, передаваемого излучением, Вт/м²;

γ – степень черноты поверхности заготовки, $\gamma = 0,75$;

c_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, $c_0 = 5,67$ Вт/(м²·К⁴);

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, $t_{\text{окр}} = 20^\circ\text{C}$.

- с поверхности заготовки в окружающую среду конвекцией:

$$Q_{\text{конв}} = a_{\text{конв}}(t_{\text{пов } i} - t_{\text{окр}}),$$

где $Q_{\text{конв}}$ – плотность теплового потока, передаваемого конвекцией, Вт/м²;

$a_{\text{конв}}$ – коэффициент конвективной теплоотдачи с поверхности заготовки, Вт/(м²·град).

В первом приближении коэффициент конвективной теплоотдачи зависит от интенсивности обдува от интенсивности обдува поверхности заготовки воздухом и может быть определен по формуле:

$$a_{\text{конв}} = 6,16 + 4,18 \cdot v_{\text{обд}},$$

где $v_{\text{обд}}$ – скорость движения воздуха, подаваемого на заготовку, м/с.

При водовоздушном вторичном охлаждении $v_{\text{обд}} = 3,5$ м/с, а при водяном вторичном охлаждении $v_{\text{обд}} = 0$ м/с, т.к. при водяном охлаждении воздух на поверхности заготовки не подается.

5. Определяется плотность орошения поверхности заготовки водой

$$g_{\text{ор}} = \frac{Q_{\text{вн}} - Q_{\text{изл}} - Q_{\text{кон}}}{\eta},$$

где $g_{\text{ор}}$ – плотность орошения поверхности заготовки, м³/(м²·ч)

η – охлаждающий эффект воды, Вт·ч/м³.

При расчетах плотности орошения рекомендуется принимать:

$\eta = 48000 \dots 52000$ Вт·ч/м³ – при водяном охлаждении;

$\eta = 57000 \dots 60000$ Вт·ч/м³ – при водовоздушном охлаждении.

Принимаем следующей значения при водяном охлаждении 50000 Вт·ч/м³ и при водовоздушном охлаждении 58500 Вт·ч/м³.

6. Рассчитывается расход воды по формуле

$$G_{\text{в } i} = q_{\text{ор}} \cdot F_{\text{ор}},$$

где $G_{\text{в } i}$ – расход воды на вторичном охлаждение заготовки на данном участке, м³/ч;

$F_{\text{ор}}$ – площадь орошаемой поверхности, м².

При отливке сортовой заготовки охлаждаются все ее грани, тогда для отливки прямоугольного сечения:

$$F_{\text{ор}} = 2 \cdot (B_i - 2\xi_i) \cdot L_{i \text{ ор}} + 2 \cdot (A_i - 2\xi_i) \cdot L_{i \text{ ор}},$$

где B_i, A_i – толщина и ширина отливаемой заготовки в середине 1-го участка вторичного охлаждения, м;

$L_{i \text{ ор}}$ – длина i-го участка ЗВО, м.

Вычисление значений толщины и ширины отливаемой заготовки в середине I – го участка зоны вторичного охлаждения производится по формулам:

$$A_i = A_1 - (A_1 - a) \cdot \frac{L'_i}{L_{\text{ЗВО}}},$$

$$B_i = B_1 - (B_1 - b) \cdot \frac{L'_i}{L_{\text{ЗВО}}},$$

где a, b – толщина и ширина отливаемой заготовки, м;

L'_i – расстояние от начала зоны вторичного охлаждения до середины I – го

участка зоны вторичного охлаждения, м.

Для сортовой заготовки квадратного сечения в формуле (31) параметр V_i заменяется параметром A_i .

1^{ая} зона: длина 0,34 м, охлаждающий реагент – вода

$$\tau_1 = \frac{(0,7 + 0,34/2)}{2,5} = 0,348 \text{ мин},$$

$$\xi_1 = 26 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{0,358} = 0,0153 \text{ м},$$

$$t_{\text{пов } 1} = 1387 - (1387 - 950) \cdot \left(\frac{0,34/2}{9,77} \right)^{\frac{1}{5}} = 1192^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_1 = 1515 - 1192 = 323^\circ\text{C};$$

$$Q_{\text{вн } 1} = 27 \cdot \frac{323}{0,0153} = 568497 \text{ Вт/м}^2,$$

$$Q_{\text{изл } 1} = 0,75 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{1192 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 195755 \text{ Вт/м}^2,$$

$$a_{\text{конв } 1} = 6,16 + 4,18 \cdot 0 = 6,16 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

$$Q_{\text{конв } 1} = 6,16 \cdot (1192 - 20) = 7222 \text{ Вт/м}^2,$$

$$g_{\text{ор } 1} = \frac{568497 - 195755 - 7222}{50000} = 7,31 \text{ /(м}^2 \cdot \text{ч)},$$

$$A_1 = 0,15345 - (0,15345 - 0,150) \cdot \left(\frac{0,17}{9,77} \right) = 0,1534 \text{ м},$$

$$F_{\text{ор } 1} = 2 \cdot (0,1534 - 2 \cdot 0,0153) \cdot 0,34 + 2 \cdot (0,1534 - 2 \cdot 0,0153) \cdot 0,34 = 0,167 \text{ м}^2,$$

$$\text{Расход воды: } G_{\text{в1}} = \frac{1000}{60} \cdot 7,31 \cdot 0,167 = 20,333 \text{ л/мин}$$

2^{ая} зона: длина 2,36 м, охлаждающий реагент – вода + воздух

$$\tau_2 = \frac{(0,7 + (0,34 + 2,36/2))}{2,5} = 0,888 \text{ мин},$$

$$\xi_2 = 26 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{0,888} = 0,0245 \text{ м},$$

$$t_{\text{пов } 2} = 1387 - (1387 - 950) \cdot \left(\frac{0,34 + \frac{2,36}{2}}{9,77} \right)^{\frac{1}{5}} = 1086^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_2 = 1515 - 1086 = 429^\circ\text{C};$$

$$Q_{\text{вн } 2} = 27 \cdot \frac{429}{0,0245} = 473517 \text{ Вт/м}^2,$$

$$Q_{\text{изл } 2} = 0,75 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{1086 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 144585 \text{ Вт/м}^2,$$

$$a_{\text{конв } 2} = 6,16 + 4,18 \cdot 3,45 = 20,79 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

$$Q_{\text{конв } 2} = 20,79 \cdot (1086 - 20) = 22155 \text{ Вт/м}^2,$$

$$g_{\text{ор } 2} = \frac{473517 - 144585 - 22155}{58500} = 5,24 \text{ м}^3 \text{/(м}^2 \cdot \text{ч)},$$

$$A_2 \text{ ср} = 0,15345 - (0,15345 - 0,150) \cdot \left(\frac{0,34 + \frac{2,36}{2}}{9,77} \right) = 0,1529 \text{ м},$$

$$F_{\text{ор } 2} = 2 \cdot (0,1529 - 2 \cdot 0,0245) \cdot 2,36 + 2 \cdot (0,1529 - 2 \cdot 0,0245) \cdot 2,36 = 0,9809 \text{ м}^2,$$

$$\text{Расход воды: } G_{\text{в2}} = \frac{1000}{60} \cdot 5,24 \cdot 0,9809 = 85,7338 \text{ л/мин}$$

3^{ая} зона: длина 3,46 м, охлаждающий реагент – вода + воздух

$$\begin{aligned}\tau_3 &= \frac{(0,7 + (0,34 + 2,36 + 3,46/2))}{2,5} = 2,052 \text{ мин}, \\ \xi_3 &= 26 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[3]{2,052} = 0,0372 \text{ м}, \\ t_{\text{пов } 3} &= 1387 - (1387 - 950) \cdot \left(\frac{0,34 + 2,36 + \frac{3,46}{2}}{9,77} \right)^{\frac{1}{5}} = 1014^\circ\text{C}, \\ \Delta t_3 &= 1515 - 1014 = 501^\circ\text{C}; \\ Q_{\text{вн } 3} &= 27 \cdot \frac{501}{0,0372} = 363529 \text{ Вт/м}^2, \\ Q_{\text{изл } 3} &= 0,75 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{1014 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 116308 \text{ Вт/м}^2, \\ a_{\text{конв } 3} &= 6,16 + 4,18 \cdot 3,5 = 20,79 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}, \\ Q_{\text{конв } 3} &= 20,79 \cdot (1014 - 20) = 20662 \text{ Вт/м}^2, \\ g_{\text{ор } 3} &= \frac{363529 - 116308 - 20662}{58500} = 3,87 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), \\ A_{3 \text{ ср}} &= 0,15345 - (0,15345 - 0,150) \cdot \frac{(0,34 + 2,36 + \frac{3,46}{2})}{9,77} = 0,1519 \text{ м}, \\ F_{\text{ор } 3} &= 2 \cdot (0,1519 - 2 \cdot 0,0372) \cdot 3,46 + 2 \cdot (0,1519 - 2 \cdot 0,0372) \cdot 3,46 = 1,07117 \text{ м}^2, \\ \text{Расход воды: } G_{\text{в } 3} &= \frac{1000}{60} \cdot 3,87 \cdot 1,07117 = 69,1404 \text{ /мин}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{4-я зона: длина } 3,61 \text{ м, охлаждающий реагент – вода + воздух} \\ \tau_4 &= \frac{(0,7 + (0,34 + 2,36 + 3,46 + 3,61/2))}{2,5} = 3,466 \text{ мин}, \\ \xi_4 &= 26 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[3]{3,466} = 0,0484 \text{ м}, \\ t_{\text{пов } 4} &= 1387 - (1387 - 950) \cdot \left(\frac{0,34 + 2,36 + 3,46 + \frac{3,61}{2}}{9,77} \right)^{\frac{1}{5}} = 967^\circ\text{C}, \\ \Delta t_4 &= 1515 - 967 = 548^\circ\text{C}; \\ Q_{\text{вн } 4} &= 27 \cdot \frac{548}{0,0484} = 305592 \text{ Вт/м}^2, \\ Q_{\text{изл } 4} &= 0,75 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{967 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 100378 \text{ Вт/м}^2, \\ a_{\text{конв } 4} &= 6,16 + 4,18 \cdot 3,5 = 20,79 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}, \\ Q_{\text{конв } 4} &= 20,79 \cdot (967 - 20) = 19698 \text{ Вт/м}^2, \\ g_{\text{ор } 4} &= \frac{305592 - 100378 - 19698}{58500} = 3,17 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), \\ A_{4 \text{ ср}} &= 0,15345 - (0,15345 - 0,150) \cdot \frac{(0,34 + 2,36 + 3,46 + \frac{3,61}{2})}{9,77} = 0,1506 \text{ м}, \\ F_{\text{ор } 4} &= 2 \cdot (0,1506 - 2 \cdot 0,0484) \cdot 3,61 + 2 \cdot (0,1506 - 2 \cdot 0,0484) \cdot 3,61 = 0,77728 \text{ м}^2, \\ \text{Расход воды: } G_{\text{в } 4} &= \frac{1000}{60} \cdot 3,17 \cdot 0,77728 = 41,0817 \text{ л/мин}.\end{aligned}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Графики изменения температуры поверхности по оси широкой грани сортовой заготовки и плотности орошения поверхности заготовки по длине зоны вторичного охлаждения машины приведены на рисунках 3...4.

Таблица 3 – Результаты расчетов

Параметры	Номер зоны вторичного охлаждения			
	1	2	3	4
τ , мин	0,348	0,888	2,052	3,466
Δt , °C	232	429	501	548
$t_{\text{пов}}$, °C	1192	1086	1014	967
ξ , м	0,0153	0,0245	0,0372	0,0484
a_k , Вт/м ² ·град	6,16	20,79	20,79	20,79
$Q_{\text{вн}}$, Вт/м ²	568497	473517	363529	305592
$Q_{\text{изл}}$, Вт/м ²	195755	1444585	116308	100378
$Q_{\text{кон}}$, Вт/м ²	7222	22155	20662	19698
$q_{\text{ор}}$, Вт·ч/м ²	7,31	5,42	3,87	3,17
$A_{\text{ср}}$, м	0,1534	0,1529	0,1519	0,1506
$F_{\text{ор}}$, м ²	0,1667	0,98093	1,07117	0,77728
G, л/мин	20,333	85,7338	69,1404	41,0817

Тема 3.4 Механическое оборудование для разлива стали
Практическая работа №23. Изучение механизмов качания кристаллизатора.

Цель работы: Изучить устройство, принцип работы и кинематические схемы механизмов качания кристаллизатора машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), а также освоить методику расчёта их основных параметров.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Разливщик стали МНЛЗ ККЦ»

Задание:

Изучить кинематические схемы механизмов качания кристаллизатора: рычажно-кулачкового, кривошипно-шатунного и гидравлического.

Проанализировать влияние параметров качания на качество поверхности заготовки (образование следов качания, трещин, прорывов).

Заполнить протокол исследования механизма качания.

Порядок выполнения работы:

1 Повторить теоретический материал по теме: Кристаллизаторы

Изучить устройство механический состав оборудования кристаллизатора слывовой машины непрерывной разлива стали

Форма представления результата

Краткие теоретические сведения о назначении и типах механизмов качания кристаллизатора;

Кинематические схемы изученных механизмов (зарисовка или копия с обозначением основных звеньев);

Вывод о значении механизма качания в технологии непрерывной разлива;

Изучение устройство механического состава оборудования кристаллизатора слывовой машины непрерывной разлива стали

1 Зайти в программу «Sike «Разливщик стали МНЛЗ ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов МНЛЗ



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу кристаллизатор машины непрерывной разливки стали



Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере
Лабораторное занятие №1. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления
кислородного конвертера (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить устройство кислородного конвертера с верхней продувкой, принципы управления технологическим процессом и работу пульта управления с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

У 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Задание:

Имеется мультимедийная обучающая система SIKE для изучения кислородного конвертера с верхней продувкой. Необходимо изучить устройство агрегата и освоить работу с виртуальным пультом управления.

Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства конвертера.

Изучить трёхмерную модель конвертерного отделения: рассмотреть все основные узлы:

- конвертер с верхней продувкой;
- конвертер с комбинированной продувкой;
- загрузочная машина полупортального типа;
- машина подачи кислорода (фурма);
- машина замера параметров плавки;
- машина отсечки шлака;
- машина скачивания шлака;
- отделение перелива чугуна;
- система газоочистки;
- тракт подачи сыпучих материалов;
- установка десульфурации;
- футеровка конвертера.

Для каждого узла ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).

Переключиться в режим «Тестирование» и выполнить интерактивное тестирование по идентификации элементов на трёхмерной модели.

Ознакомиться с виртуальным пультом управления (кнопки, рычаги, индикаторы, мнемосхема).

Составить краткое описание последовательности действий оператора конвертера.

Порядок выполнения работы:

1. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый узел конвертера, записывая его назначение.
2. Для каждого узла указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе.
3. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации элементов на модели.
4. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.
5. Пошагово выполнить заданный технологический цикл (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.
6. Заполнить протокол выполнения операций.

Форма представления результата:

Краткий конспект с теоретическими материалами

Результат тестирования в мультимедийном тренажере Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Критерии оценки:

«Отлично» – все аварийные ситуации распознаны верно, алгоритмы действий выполнены правильно, протокол заполнен полностью, вывод обоснован.

«Хорошо» – допущены 1–2 ошибки в действиях, но авария локализована, протокол заполнен, вывод сделан.

«Удовлетворительно» – аварии распознаны, но действия выполнены с ошибками (авария не предотвращена), протокол неполный.

«Неудовлетворительно» – ситуации не распознаны, работа не выполнена.

Краткие теоретические сведения:

Изучение устройства тракт подачи сыпучих материалов

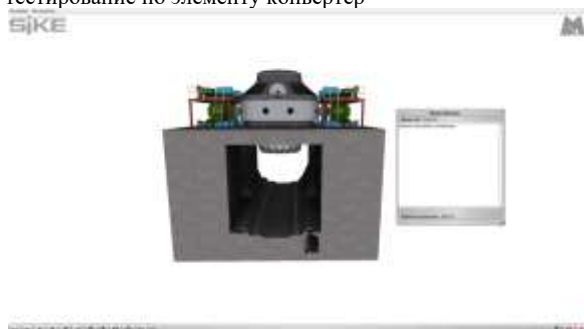
1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибутора ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов кислородного конвертера с верхней продувкой.



2. Ознакомиться с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу конвертер



Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере
Лабораторное занятие №2. Работа по постах управления в технологическом процессе по
предотвращению аварийных ситуаций в кислородном конвертере (мультимедийная
программа SIKE

Цель работы: Отработать навыки распознавания, предотвращения и ликвидации аварийных ситуаций при работе на кислородном конвертере с использованием тренажёра-имитатора SIKE. Сталевар конвертера

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Порядок выполнения работы:

На тренажёре-имитаторе SIKE моделируется работа оператора конвертера. В процессе симуляции возникают различные нештатные ситуации (по выбору преподавателя или случайным образом). Обучающийся должен правильно среагировать.

Ознакомиться с перечнем возможных аварийных ситуаций на конвертере:

- выброс металла и шлака из горловины (из-за превышения скорости продувки или неправильного состава шихты);
- прорыв фурмы (перегрев, выход из строя системы охлаждения);
- «кислородное голодание» — падение давления кислорода в магистрали;
- отказ системы наклона конвертера;
- повреждение футеровки (прогар, размыв);
- застывание металла в горловине.

В режиме тренажёра отработать действия при каждой из заданных ситуаций:

- распознать сигнал тревоги (звуковой, световой, изменение параметров на мнемосхеме);
- определить тип аварии;
- выполнить действия по её устранению (прекратить продувку, поднять фурму, наклонить конвертер, включить резервную систему);
- зафиксировать результаты (удалось ли предотвратить развитие аварии, время реакции).

Заполнить протокол действий по каждой ситуации.

Проанализировать причины возникновения каждой аварии (с точки зрения нарушения технологии или отказа оборудования).

Сделать вывод о важности быстрого реагирования и знания алгоритмов

Форма представления результата:

Краткий конспект с теоретическими материалами
Результат тестирования в мультимедийном тренажере Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Критерии оценки:

«Отлично» – все аварийные ситуации распознаны верно, алгоритмы действий выполнены правильно, протокол заполнен полностью, вывод обоснован.

«Хорошо» – допущены 1–2 ошибки в действиях, но авария локализована, протокол заполнен, вывод сделан.

«Удовлетворительно» – аварии распознаны, но действия выполнены с ошибками (авария не предотвращена), протокол неполный.

«Неудовлетворительно» – ситуации не распознаны, работа не выполнена.

Краткие теоретические сведения:

В ККЦ зонами повышенной опасности являются участки, прилегающие к работающим конвертерам, а также зоны транспортировки ковшей с жидкой сталью и чугуном, установки (агрегаты) доводки стали в ковше, разливные пролеты отделений непрерывной разливки стали, отделения перелива чугуна или миксерные отделения.

Постоянна опасность возникновения взрывов в газоотводящем тракте при работе конвертеров с отводом газов без дожигания. К тяжелым последствиям могут привести прорывы металла через футеровку конвертера или сталеразливочного ковша.

В кислородно-конвертерном цехе существует вероятность чрезвычайных ситуаций в таких случаях необходимо действовать в соответствии с инструкцией.

1. Прогар конвертера в районе ванны жидкого металла и днища конвертера:

- прекратить продувку плавки согласно технологической инструкции;
- наклонить конвертер в сторону, противоположную месту прогара, чтобы оказалось выше уровня жидкого металла;
- принять срочные меры по удалению людей из опасной зоны;
- сталевар и его подручные заделывают место прогара огнеупорной массой и осторожными поворотами ошлаковывают место прогара.

2. Прогар кислородной фурмы:

- немедленно прекратить продувку согласно технологической инструкции, закрыв арматуру подачи кислорода на продувку;
- удалить людей от конвертера в безопасную зону;
- поднять фурму в крайнее верхнее положение, закрыть задвижки на подаче воды на охлаждение фурмы, после чего немедленно переехать машиной подачи кислорода на резервную фурму;
- медленным поворотом убрать конвертер из зоны попадания воды в него, в случае позднего обнаружения течи запрещается поворот конвертера до полного испарения воды;
- принять меры к замене прогоревшей фурмы.

3. Прогар сталеразливочного ковша во время слива плавки:

- немедленно прекратить слив плавки;
- удалить людей из опасной зоны;
- выдать сталеvoz в пролеты И-К и К-Л и раскатывать его в этих пролетах с целью разлива жидкого металла в канаву сталевоza в зоне работы крана;
- при незначительной течи металла из места прогара выдать ковш в один из пролетов ОНРС для перелива в аварийные емкости или в другой ковш.

4. Выброс металла из сталеразливочного ковша во время слива плавки:

- немедленно прекратить слив металла;

немедленно прокатить стелевоз по выброшенному металлу с целью выдачи его в пролет И-К и К-Л;

организовать уборку застывшего металла из-под конвертера.

5. Вынос леточных блоков сталевыпускного отверстия после ремонта летки:

- немедленно прекратить слив металла;
- организовать слив металла через горловину конвертера;
- произвести повторный ремонт летки.

6. Прогар конвертера в районе летки

- немедленно прекратить слив металла;
- организовать слив металла через горловину конвертера;
- принять срочные меры по заделке места прогара магнезитовым кирпичом и огнеупорной массой.

7. Прогар котла ОКГ-400-2Б:

- немедленно прекратить продувку согласно технологической инструкции;
- сообщить машинисту котла об аварии;
- удалить людей в безопасную зону;
- медленным поворотом конвертера вывести горловину из зоны попадания воды, в случае позднего обнаружения течи запрещается поворот до полного испарения воды.

Ответственным руководителем работ по ликвидации крупных аварий, охватывающих несколько цехов или угрожающих другим цехам, является технический руководитель организации (в его отсутствие - заместитель), а при авариях в отдельном цехе - начальник этого цеха (заместитель).

Не допускается вмешательство в действия ответственного руководителя работ по ликвидации аварии.

Непосредственное руководство ведением спасательных работ осуществляет лицо, назначенное техническим руководителем организации или начальник газоспасательной службы. До его прибытия на место аварии эти обязанности выполняет старший смены газоспасательной станции. Непосредственное руководство ведением спасательных работ осуществляет ответственный руководитель или лицо из числа специалистов, на которого возложены эти обязанности в соответствии с оперативной частью плана.

До прибытия на место пожарных подразделений работы по тушению пожара выполняет персонал цеха, отделения, смены, участка под руководством начальника смены (сменного мастера).

Лица, вызываемые для спасения людей и ликвидации аварии, сообщают о своем прибытии ответственному руководителю и по его указанию приступают к исполнению своих обязанностей. При направлении рабочих на выполнение аварийных работ в газоопасных местах каждую бригаду должен возглавить специалист цеха и работник газоспасательной службы.

План ликвидации аварии приведен в таблице 1

Таблица 1 - Оперативная часть плана ликвидации аварий на технологическом оборудовании в ККЦ ПАО «ММК»

№ п/п	Наименование аварий	При каких условиях возможна аварийная ситуация	Возможное развитие аварий, последствий, в т.ч. за пределами цеха	Способы и средства предотвращения аварий	Меры по локализации аварий
1.	Прогар брони стального ковша, уход металла через шиббер,	Износ футеровки ковша, износ шиббера ковша,	1. Выброс расплавленного металла. 2. Травмирование	Контроль качества установки: футеровки	Принять экстренные меры по опорожнению ковша. При попадании металла на цапфу стального ковша принять

	продувочную пробку.	износ продувочный пробки.	обслуживающего персонала. 3. Задымленность и загазованность. 4. При попадании расплавленного металла на влагу взрывы различной силы.	ковша; шибера ковша; продувочной пробки	меры к замораживанию места прогара.
2.	Прогар водоохлаждаемых панелей стен и свода.	1. Прекращение подачи воды. 2. Большой износ водоохлаждаемых панелей стен и свода.	1. Выброс расплавленного металла. 2. Травмирование обслуживающего персонала. 3. Задымленность и загазованность.	Контроль состояния охлаждаемых панелей стен и свода.	1. Отключить электропечь и горелки. 2. Сообщить диспетчеру цеха. 3. При незначительных утечках воды в конечной фазе выплавки довести плавку до слива и выполнить ремонтные работы.
3.	Прогар газокислородной горелки или подводящих рукавов газа и кислорода на электропечи	1. Износ подводящих рукавов газа и кислорода 2. Прекращение подачи воды на охлаждение.	1. Возгорание шлангов 2. Выброс расплавленного металла. 3. Травмирование обслуживающего персонала 4. Запыленность, загазованность.	Контроль состояния подводящих рукавов газа и кислорода	1. Немедленно отключить подачу газа и кислорода. 2. Удалить людей из опасной зоны в случае загорания подводов, оказать помощь пострадавшим. 3. Сообщить диспетчеру 4. Действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.
4.	Порыв уплотнений на гидроцилиндрах подъема портала печи, сильные утечки масла.	Износ элементов уплотнений на гидроцилиндрах	1. Возникновение пожара 2. Травмирование обслуживающего персонала. 4. Запыленность, загазованность.	Контроль за всеми элементами гидроцилиндров.	1. Немедленно прекратить подъем или опускание портала печи. 2. Удалить людей в безопасную зону, оказать помощь пострадавшим. 3. Вызвать дежурный и ремонтный персонал. 4. Сообщить диспетчеру 5. Действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.
5.	Течь воды с короткой сети ДСП.	Износ элементов водоохлаждения короткой сети.	1. Короткое замыкание. 2. Травмирование обслуживающего персонала.	Контроль элементов водоохлаждения короткой сети.	Отключить печь, насосы (кнопки аварийного отключения). 3. Вызвать дежурный и ремонтный персонал. 4. Сообщить диспетчеру 5. Действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.

Изучение работ на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в кислородном конвертере

1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибьютора ККЦ» в раздел 4. Работа на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций.



2. Ознакомится с работой по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в кислородном конвертере, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по предотвращению аварийных ситуаций в кислородном конвертере



Тема 1.3 Производство стали в кислородном конвертере
Лабораторное занятие №3. Осуществление выплавки стали в кислородном конвертере
(мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Освоить технологический процесс выплавки стали в кислородном конвертере с использованием тренажёра-имитатора SIKE. Выплавка стали в конвертере, сформировать навыки ведения плавки от загрузки шихты до выпуска готовой стали

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.3.1 контролировать (визуально и с применением приборов) нормативный уровень запасов шихтовых компонентов для бесперебойного обеспечения ферросплавного и сталеплавильного производства шихтой заданного состава

У 2.3.2 отбирать представительные пробы поступающих на шихтовку исходных материалов и готовой шихты ферросплавного и сталеплавильного производства

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Тренажер. Сталевар ККЦ

Задание

На тренажёре-имитаторе SIKE заданы параметры шихтовых материалов (состав чугуна и лома, температура) и требуемая марка стали. Необходимо провести виртуальную плавку в кислородном конвертере с получением стали заданного состава.

Ознакомиться с теоретическим разделом тренажёра, освещающим основные этапы выплавки стали в конвертере.

Рассчитать шихтовку: определить необходимое соотношение чугуна и лома, количество извести, флюсов и ферросплавов.

Выполнить загрузку шихтовых материалов в конвертер.

Осуществить продувку кислородом:

- установить фурму в рабочее положение;
- регулировать расход кислорода и положение фурмы в ходе продувки;
- контролировать температуру металла.

В процессе продувки отбирать пробы металла для контроля химического состава.

Определить момент окончания продувки (по достижении заданного содержания углерода и температуры).

Произвести выпуск стали в ковш (с отсечкой шлака).

Провести легирование и раскисление (при необходимости).

Заполнить протокол плавки с указанием всех параметров.

Проанализировать результаты — соответствует ли полученная сталь заданной марке.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретический материал по конвертерному процессу (встроенный видео-курс тренажёра).

2. Получить от преподавателя исходные данные для плавки (марка стали, состав чугуна, температура).

3. Выполнить расчёт шихты с использованием калькулятора тренажёра.

4. Загрузить рассчитанные материалы в виртуальный конвертер.

5. Запустить процесс продувки. Фиксировать показания приборов каждые 2–3 минуты.
6. При достижении заданных параметров прекратить продувку, поднять фурму.
7. Выполнить выпуск стали.
8. Сравнить полученный состав стали с заданным. Если есть отклонения — определить их причины.
9. Заполнить протокол плавки.
10. Сделать вывод о качестве проведённой плавки.

Форма представления результата:

Результат тестирования в Тренажере Сталевар ККЦ

Критерии оценки:

- «Отлично» - работа выполнена точно в срок и в соответствии с требованиями, ошибок нет.
- «Хорошо» - допускаются небольшие неточности или некоторые ошибки в работе.
- «Удовлетворительно» - в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы, допущено ошибок более 50% от работы.
- «Неудовлетворительно» - работа полностью не соответствует требованиям, все задания выполнены не верно.

Сценарий выплавки стали в кислородном конвертере

Сценарий обучения является **пошаговой инструкцией** по выплавке стали в конвертере и освещает основные этапы выплавки стали.

В режиме «Обучение», в отличие от режима «Тестирование», для заданий сценария доступны описания по их выполнению (какую кнопку нажать, какое значение ввести и т.д.).

Задания сценария делятся на 2 типа:

1. задания, которые пользователь выполняет самостоятельно;
 2. информационные сообщения, которые по ходу ведения выплавки либо будут уведомлять об операциях, которые будут происходить в автоматическом режиме, либо выдавать рекомендации по ведению процесса (переход к следующему заданию для данного типа сообщения происходит при нажатии на кнопку «Подтвердить выполнение»).
1. На вкладке «Практикум» выберите следующую целевую марку стали и вариант шихтовки (Рисунок 1).



Рисунок 1. Начальные и целевые параметры

2. Задания №1 и №2 являются информационными. Прочитайте их и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение» (Рисунок 2).



Рисунок 2. Пример информационного задания

3. В задании №3 необходимо осуществить завалку лома. Для этого в правой части области анимации нажмите на кнопку «Загрузить лом».

4. В задании №4 необходимо отдать шлакообразующие материалы. Для этого в правой части области анимации нажмите на кнопку «Отдать материалы...» и в открывшейся форме в разделе «Шлакообразующие» в поле «Значение, кг» введите «4000» для доломита. Затем нажмите на кнопку «Отправить в конвертер».

5. В задании №5 необходимо осуществить заливку чугуна. Для этого в правой части области анимации нажмите на кнопку «Залить чугун».

6. Задание №6 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».

7. В задании №7 необходимо задать интенсивность кислорода на продувку. Для этого в разделе «Показатели продувки» в верхней части экрана в поле «Интенсивность продувки» введите значение «1250» (Рисунок 3).

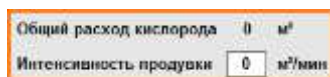


Рисунок 3. Интенсивность продувки

8. В задании №8 необходимо начать продувку. Для этого в правой части анимации нажмите на кнопку «Начать продувку». После этого фурма автоматически опустится на высоту 440 см.

9. В задании №9 необходимо присадить фурму. Для этого в верхней части анимации слева от фурмы нажмите на кнопку «Опустить фурму» и удерживайте ее, пока фурма не опустится на высоту 380 см. Контролировать положение фурмы можно в разделе «Показатели продувки» (Рисунок 4).



Рисунок 4. Положение фурмы

10. В задании №10 необходимо опустить «Юбку». Для этого в центральной части области анимации нажмите на кнопку «Опустить юбку».

11. Задание №11 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».

12. В задании №12 необходимо дождаться, пока общий расход кислорода достигнет значения 1000 м³, затем присадите фурму на высоту 350 см.

13. Задания №13-14 выполняются аналогично предыдущему.

14. В задании №15 необходимо отдать известь в конвертер. Для этого нажмите на кнопку «Отдать материалы...» и в открывшейся форме в разделе «Шлакообразующие» в поле «Значение, кг» введите «4000» для извести. Затем нажмите на кнопку «Отправить в конвертер» и дождитесь, пока известь загрузится.

15. Задание №16 выполняется аналогично предыдущим.

16. Задание №17 выполняется аналогично заданию №15.

17. Задание №18 выполняется аналогично предыдущим.

18. Задание №19 выполняется аналогично заданию №15.

19. Задание №20 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».

20. В задании №21 требуется отдать остатки шлакообразующих материалов. Для этого необходимо рассчитать остаток материалов, поделить на равные порции и отдать их с равным интервалом в 1500-2000 м³ расхода кислорода.

Для того чтобы посмотреть рекомендуемое количество шлакообразующих на плавку, в зависимости от исходного кремния (Si) в чугуне, нажмите на кнопку со знаком «?» в правом верхнем углу формы подачи шлакообразующих (Рисунок 5).

Для примера, который рассматривается в данной лабораторной работе, рекомендуемое количество извести 24 тонны, из них уже отдано 16 тонн. Разделим оставшиеся 8 тонн на 4 части. Таким образом, нам необходимо отдать в конвертер известь 4 раза по 2000 кг.

Рисунок 5. Форма «Отдать материалы...»

21. Задания №22-26 выполняются аналогично предыдущим.

22. В задании №27 необходимо произвести замер параметров плавки. Для этого в правой части области анимации нажмите на кнопку

«Произвести замер». Если замер прошел, то в разделе «Параметры плавки» отобразятся новые данные в строчках «Сталь» и «Шлак». Если замер не прошел, то в строчках отобразятся прочерки.

23. Задания №28-29 выполняются аналогично предыдущим.

24. В задании №30 необходимо довести плавку до необходимой температуры. Текущую и требуемую температуру можно посмотреть в разделе «Параметры плавки» (Рисунок 15).

Рисунок 6. Параметры плавки

При расчете расхода кислорода необходимо учитывать, что за 1000 м³ кислорода происходит нагрев на 30-35°C.

В примере, рассматриваемом в данной лабораторной работе, для получения требуемой температуры необходимо израсходовать примерно 2700 м³ кислорода.

25. Задания №31-36 выполняются аналогично предыдущим.

26. В задании №37 требуется задать необходимое количество ферросплавов для отдачи в ковш. Для этого необходимо нажать на кнопку «Отдать материалы...» и перейти на вкладку «Ферросплавы». В нижней части данной вкладки находится форма автоматического расчета материалов.

Рассчитайте количество необходимых ферросплавов и введите полученные значения в поле «Значение, кг» (Рисунок 7).

Наименование материала	Значение, кг	C	Si	Mn	S	P
Al	0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
C	520	92,00	0,00	0,00	2,00	0,00
FeMn	1220	0,03	0,22	97,30	0,00	0,02
FeSi45	0	0,10	66,90	0,30	0,03	0,03
SiMn	0	1,80	17,70	60,70	0,02	0,06

1,22	=	100	+	360	+	(	0,450	-	0,120	)
						(	100	-	0,000	)
C	=	0,00	+	0,000	+	(	100	-	0,000	)
										0

Внимание!
Заданные ферросплавы
будут поданы в ковш при
сливе стали автоматически!

Рисунок 7. Задание на подачу ферросплавов

27. Задания №38-43 выполняются аналогично предыдущим.

Внимание! Так как некоторые операции при выплавке стали занимают длительное время, чтобы сократить время ожидания, можно увеличить коэффициент в разделе «Параметры плавки» при помощи полосы «Ускорение времени».

Тема 1.4 Внепечная обработка стали
Лабораторное занятие №4. Обработка стали вакуумом (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить технологию внепечной вакуумной обработки стали, устройство и принцип работы агрегатов вакуумирования, а также освоить управление технологическим процессом с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE (3D Атлас / тренажёр-имитатор).

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.3.1 контролировать (визуально и с применением приборов) нормативный уровень запасов шихтовых компонентов для бесперебойного обеспечения ферросплавного и сталеплавильного производства шихтой заданного состава

У 2.3.2 отбирать представительные пробы поступающих на шихтовку исходных материалов и готовой шихты ферросплавного и сталеплавильного производства

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

У 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Тренажер. Сталевар ККЦ

Задание

Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства агрегата вакуумирования.

Изучить трёхмерную модель агрегата: рассмотреть все основные узлы:

Для циркуляционного вакууматора (АЦВ/RH): вакуумная камера, вакуумная система, вертикальная кислородная фурма, колено газохода, система подачи легирующих, сталеразливочный ковш;

Для камерного вакууматора (АКВ/VD/VOD): вакуумная камера, вакуумная система, система подачи легирующих, сталеразливочный ковш, функции вакуумно-дугового (ВД) и вакуумно-кислородного рафинирования (ВКР).

Для каждого узла ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).

Изучить теоретические основы вакуумной обработки стали:

– цели вакуумирования (дегазация — удаление водорода, кислорода, азота; рафинирование; улучшение чистоты стали);

– физико-химические процессы, протекающие под вакуумом;

– влияние вакуумной обработки на качество готовой стали.

Ознакомиться с виртуальным пультом управления (кнопки, рычаги, индикаторы, мнемосхема).

Выполнить симуляцию технологического цикла вакуумной обработки:

– настройка начальных и целевых параметров технологического процесса (химический состав, температура);

– установка ковша под вакуумную камеру;

– включение вакуумной системы;

– проведение вакуумирования с контролем параметров;

– при необходимости — химический нагрев и корректировка химического состава;

–завершение обработки и вывод ковша.
Зафиксировать показания приборов (температура, давление в вакуумной камере, состав стали) на каждом этапе.
Проанализировать результаты — соответствует ли полученная сталь заданным параметрам.
Заполнить протокол выполнения операций.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.
2. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый узел агрегата вакуумирования, записывая его назначение.
3. Для каждого узла указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе.
4. Изучить теоретический материал по вакуумной обработке стали (встроенная справка или лекционный материал).
5. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.
6. Перейти в режим «Тренажёр». Самостоятельно настроить начальные и целевые параметры технологического процесса (химический состав и температуру).
7. Пошагово выполнить заданный технологический цикл, фиксируя все действия и показания.
8. По окончании процесса проанализировать паспорт плавки, оценить допущенные ошибки и качество выполненных операций.
9. Ответить на контрольные вопросы (например: каково назначение вакуумной обработки стали? в чём отличие циркуляционного вакууматора от камерного? как изменяется содержание газов в стали после вакуумирования?).
10. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Результат тестирования в Тренажере Сталевар АЦВ

Критерии оценки:

- «Отлично» - работа выполнена точно в срок и в соответствии с требованиями, ошибок нет.
- «Хорошо» - допускаются небольшие неточности или некоторые ошибки в работе.
- «Удовлетворительно» - в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы, допущено ошибок более 50% от работы.
- «Неудовлетворительно» - работа полностью не соответствует требованиям, все задания выполнены не верно.

Сценарий обработки стали

1. Ознакомиться с общими теоретическими сведениями об устройстве АЦВ и технологии вакуумирования стали на АЦВ.

2. Выплавить сталь заданного качества с помощью виртуальной системы управления технологическим процессом. Для этого необходимо выбрать марку стали на вкладке «Практикум».



Рисунок 1. Вкладка «Практикум»

2.1. Выбрать марку стали: 08Ю, 0402Д, EDDS, K60



Рисунок 2. Область выбора начальных и целевых параметров

2.2. Руководствуясь сценарием обучения, провести вакуумирование стали на АЦВ (Рисунок 3).

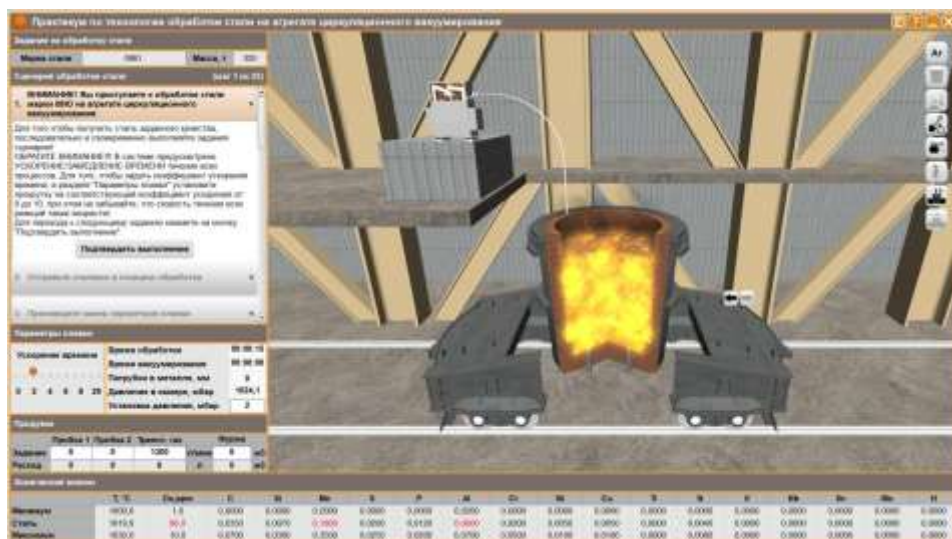


Рисунок 3. Основной экран тренажера

Сценарий обучения является пошаговой инструкцией по обработке стали на АЦВ и освещает основные этапы вакуумирования стали.

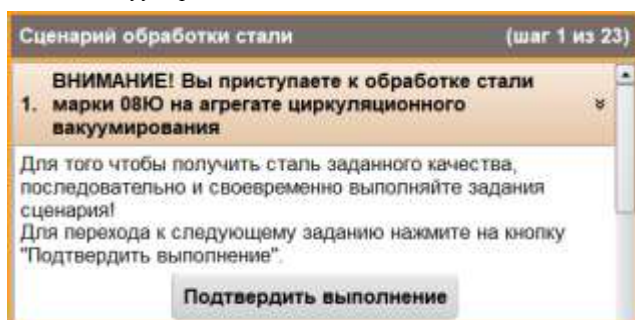


Рисунок 4. Пример задания сценария

В режиме «Обучение», в отличие от режима «Тестирование», для заданий сценария доступны описания по их выполнению (какую кнопку нажать, какое значение ввести и т.д.).

Задания сценария делятся на два типа:

1. задания, которые пользователь выполняет самостоятельно;
2. информационные сообщения, которые по ходу ведения обработки либо будут уведомлять об операциях, которые будут происходить в автоматическом режиме, либо выдавать рекомендации по ведению процесса (переход к следующему заданию для данного типа сообщения происходит при нажатии на кнопку «Подтвердить выполнение»).

3 Пример выполнения сценария

1. На вкладке «Практикум» выберите целевую марку стали 08Ю.

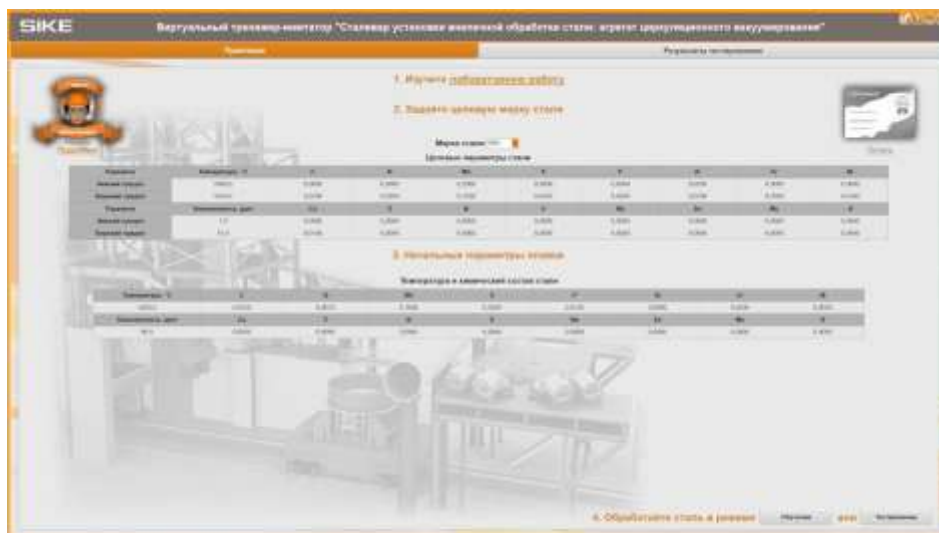


Рисунок 5. Начальные и целевые параметры

2. Задание №1 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».



Рисунок 6. Пример информационного задания

3. В задании №2 отправьте ковш в позицию обработки. Для этого в области анимации нажмите на соответствующую кнопку, расположенную справа от сталевоза (Рисунок 7).



Рисунок 7. Кнопка «В позицию «Обработка»

4. В задании №3 произведите замер параметров плавки. Для этого в области анимации, справа от вакуум-камеры, нажмите кнопку с иконкой «Произвести замер» (Рисунок 8).



Рисунок 8. Произвести замер

5. В задании №4 опустите патрубки вакуум-камеры в металл. Для этого в области анимации, справа от вакуум-камеры, нажмите и удерживайте кнопку со стрелкой, направленной вниз (Рисунок 9).



Рисунок 9. «Замер параметров плавки»



Рисунок 10. Кнопка «Управление патрубками вакуум-камеры»

Удерживайте кнопку до тех пор, пока патрубки вакуум-камеры не погрузятся в металл на глубину 500-600 мм. Глубину погружения отслеживайте в поле «Патрубки в металле, мм» в разделе «Параметры плавки» (Рисунок 11).

Параметры плавки		
Пауза 0 2 4 6 8 20	Время обработки	00:04:37
	Время вакуумирования	00:00:00
	Патрубки в металле, мм	566
	Давление в камере, мбар	1024,5
	Установка давления, мбар	2

Рисунок 11. Параметры плавки

6. В задании №5 включите вакуумный насос. Для этого в области анимации, справа от вакуум-камеры, нажмите на кнопку с иконкой «Включить вакуумный насос» (Рисунок 12).



Рисунок 12. Включение/выключение вакуумного насоса

7. В задании №6 дождитесь, пока давление в вакуум-камере снизится до минимального для начала обработки металла (Рисунок 13):

Давление в камере, мбар	1024,5
↓	
Давление в камере, мбар	2,0
Установка давления, мбар	2

Рисунок 13. Кнопка «Включение/выключение вакуумного насоса»

8. В задании №7 задайте расход транспортировочного газа для проведения обезуглероживания в пределах 1600-2100 л/мин. Установите 1900 л/мин в разделе «Продувка», в поле «Трансп. газ» (Рисунок 14).

Продувка			
	Пробка 1	Пробка 2	Трансп. газ
Задание	0	0	1900
Расход	0	0	368

Рисунок 14. Задание транспортировочного газа

9. В задании №8 произведите обезуглероживание металла. Длительность обезуглероживания для данной марки стали — не менее 4 минут.

Для ускорения процесса воспользуйтесь соответствующим ползунком в разделе «Параметры плавки». Далее ориентируйтесь на поле «Время вакуумирования стали», чтобы вовремя вернуться в нормальный режим (Рисунок 16) и не допустить возникновения ошибок.

Параметры плавки		
Ускорение времени  0 2 4 6 8 20	Время обработки	00:05:32
	Время вакуумирования	00:00:24
	Патрубки в металле, мм	566
	Давление в камере, мбар	1,6
	Установка давления, мбар	2

Рисунок 15. Ускорение времени

10. В задании №9 задайте расчетное количество кислорода, необходимого для нагрева металла. Обратите внимание, что для нагрева нераскисленного металла на каждые 5°C вдувают 100 м³ кислорода.

В данном случае металл необходимо нагреть на 10°C. Для этого в разделе «Продувка» в нижней левой части экрана, в столбце «Фурма», в строке «Задание» введите значение 200 м³ кислорода (Рисунок 16).

Продувка						
	Пробка 1	Пробка 2	Трансп. газ		Фурма	
Задание	0	0	1900	л/мин	200	м3
Расход	0	0	8728	л	0	м3

Рисунок 16. Ускорение времени

11. В задании №10 запустите кислородную продувку. Для этого в области анимации, слева от вакуум-камеры, нажмите на кнопку со стрелкой, направленной вниз (Рисунок 17).

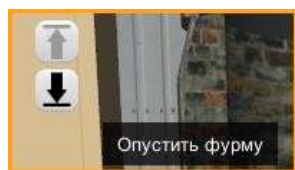


Рисунок 17. Ускорение времени

Фурма автоматически начнёт движение вниз. Если был задан объём кислорода, то продувка также запустится автоматически (Рисунок 18).



Рисунок 18. Продувка кислородной фурмой

12. В задании №11 дождитесь завершения продувки. В таком случае в разделе «Продувка», в столбце «Фурма», значение в строке «Расход» станет равным значению в строке «Задание». При необходимости воспользуйтесь ползунком для ускорения процесса.

13. В задании №12 произведите усреднительную продувку металла длительностью около 3 минут. Ориентируйтесь на поле «Время обработки» в разделе «Параметры плавки».

14. В задании №13 произведите замер параметров плавки.

15. В задании №14 отдайте расчетное количество алюминия.

Для этого воспользуйтесь автоматизированной формой расчета. Для этого в правой части области анимации нажмите на кнопку «Отдать ферросплавы».



Рисунок 19. Кнопка «Отдать ферросплавы»

После этого откроется форма для расчета материалов и добавления их в вакуум-камеру (Рисунок 20).

Отдать материалы

Ферросплавы Трайбаппарат

Материал	Задание, кг	Отдано	Al	Si	Ti	V	Nb	Mn
Al 87	0	0	87,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeTi 70	0	0	5,00	0,50	70,00	0,60	0,00	0,00
Mn 965	0	0	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	96,50
FeSi 65	0	0	1,10	65,00	0,10	0,00	0,00	0,40
FeMn 78	0	0	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	78,00
FeNb 60	0	0	3,00	1,60	1,00	0,00	60,00	0,00
FeV 60	0	0	2,50	2,00	0,00	60,00	0,00	0,00

$\Phi_{Al} = \frac{0,0 \cdot 0 \cdot 0,11}{55} + \frac{(0,0000 - 0,0000) \cdot 0 \cdot 1000}{85}$

Отдать в вакуум-камеру $\Phi = \frac{0 \cdot (0,0000 - 0,0000) \cdot 1000}{(0,00 \cdot 0,00)}$

Рисунок 20. Форма «Отдать материалы: ферросплавы»

Используйте рекомендации для расчета алюминия из лабораторной работы (формула 2) и подсказки, доступные при наведении на редактируемые поля формулы Φ_{Al} . Введите значения для автоматического расчета.

- Масса жидкой стали доступна в разделе «Задание на обработку стали» (Рисунок 21). Значение = 320 т.

Задание на обработку стали

Марка стали	08Ю	Масса, т	320
-------------	-----	----------	-----

Рисунок 21. Задание на обработку стали

- Окисленность стали = 195 ppm.
- Средний предел массовой доли алюминия в готовой стали = 0,05%. Полученное значение 313 кг (Рисунок 22) введите в поле «Задание кг» в строке «Al 87» и нажмите кнопку «Отдать в вакуум-камеру».

313 = $\frac{195 \cdot 320 \cdot 0,11}{55} + \frac{(0,05 - 0,0000) \cdot 320 \cdot 1000}{85}$

Рисунок 22. Расчет алюминия

16. В задании №15 произведите усреднительную продувку металла длительностью около 3 минут.

17. В задании №16 рассчитайте и отдайте марганец в вакуум-камеру. Используйте форму для автоматического расчета Ф, она расположена справа от кнопки «Отдать в вакуум-камеру».

- Масса жидкой стали доступна в разделе «Задание на обработку стали». Значение = 320 т.
- Средний предел массовой доли элемента в готовой стали. Значение берем из диапазона по марке стали в таблице «Химический анализ», в столбце «Mn». Значение = 0,28.
- Массовая доля элемента перед раскислением = 0,18.
- Доля усвоения марганца (см. Таблица 5. Доля усвоения элементов) = 0,90.
- Массовая доля элемента в материале Mn 965 (см. в таблице на форме «Ферросплавы») = 96,50.

Полученное значение 368 кг (Рисунок 24) введите в поле «Задание, кг» в строке «Mn 965» и нажмите кнопку «Отдать в вакуум-камеру».

$$368 = \frac{320 * (0,2800 - 0,1800) * 1000}{(0,90 * 96,50)}$$

Рисунок 23. Расчет марганца

18. В задании №17 произведите усреднительную продувку металла длительностью около 3 минут.

19. В задании №18 произведите замер параметров плавки.

20. Задание №19 проанализируйте полученные параметры и доведите их до требуемых. Добавьте недостающие материалы и доведите плавку до заданной температуры, основываясь на результатах замера.

В данном случае никаких дополнительных действий не требуется. Требуемый химический состав получен (Рисунок 24).

Химический анализ							
	T, °C	Ox, ppm	C	Si	Mn	S	P
Минимум	1650,0	1,0	0,0000	0,0000	0,2000	0,0000	0,0000
Сталь	1656,2	7,2	0,0021	0,0128	0,2197	0,0200	0,0120
Максимум	1670,0	10,0	0,0700	0,0300	0,3500	0,0250	0,0700

Рисунок 24. Химический анализ

21. В задании №20 выключите и затопите вакуумный насос. Используйте кнопку «Выключить вакуумный насос», как в п.б.

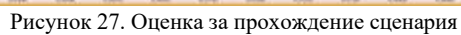
22. В задании №21 дождитесь выравнивания давления в вакуум-камере до атмосферного. Ориентируйтесь на поле «Давление в камере, мбар» в разделе «Параметры плавки». Значение станет равным 1024 мбар.

23. В задании №22 поднимите вакуум-камеру в крайнее верхнее положение для этого в области анимации, справа от вакуум-камеры, нажмите и удерживайте кнопку со стрелкой, направленной вверх (Рисунок 25).



Передать плавку

Рисунок 26. Передача плавки на МНЛЗ



25. Проанализируйте результаты плавки посредством паспорта.

Рисунок 28. «Паспорт плавки»

Тема 1.5 Разливка стали

Лабораторное занятие №5. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить устройство машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), принципы управления технологическим процессом разливки и работу пульта управления с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

У 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «МНЛЗ»

Задание:

Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства МНЛЗ.

Изучить трёхмерную модель МНЛЗ: рассмотреть все основные узлы:

- сталеразливочный ковш;
- промежуточный ковш;
- кристаллизатор;
- зона вторичного охлаждения;
- тянуще-правильный агрегат;
- машина газовой резки;
- рольганги;
- система подачи смазки и защитных флюсов.

Для каждого узла ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).

Изучить теоретические основы непрерывной разливки стали:

сущность процесса непрерывной разливки;

марки стали, разливаемые на МНЛЗ;

этапы разливки.

Ознакомиться с виртуальным пультом управления (кнопки, рычаги, индикаторы, мнемосхема).

Выполнить симуляцию базовых операций: подготовка к разливке, установка промежуточного ковша, начало разливки, регулировка скорости вытягивания, резка заготовок.

Зафиксировать показания приборов (температура металла, скорость вытягивания, уровень металла в кристаллизаторе, расход воды) на каждом этапе.

Составить краткое описание последовательности действий оператора МНЛЗ.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.

2. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый узел МНЛЗ, записывая его назначение.

3. Для каждого узла указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе.
4. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации элементов на модели.
5. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.
6. Пошагово выполнить заданный технологический цикл (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.
7. Заполнить протокол выполнения операций.
8. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Краткий конспект с теоретическими материалами

Результат тестирования в мультимедийном тренажере Sike «МНЛЗ»

Критерии оценки:

«Отлично» – все аварийные ситуации распознаны верно, алгоритмы действий выполнены правильно, протокол заполнен полностью, вывод обоснован.

«Хорошо» – допущены 1–2 ошибки в действиях, но авария локализована, протокол заполнен, вывод сделан.

«Удовлетворительно» – аварии распознаны, но действия выполнены с ошибками (авария не предотвращена), протокол неполный.

«Неудовлетворительно» – ситуации не распознаны, работа не выполнена.

Краткие теоретические сведения:

Наиболее распространенные машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) работают по следующей схеме: жидкая сталь поступает в сквозную водоохлаждаемую изложницу-кристаллизатор. Предварительно до начала разливки в кристаллизатор вводят искусственное подвижное дно (так называемую «затравку») (рис. 1).

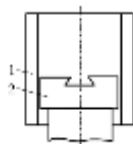
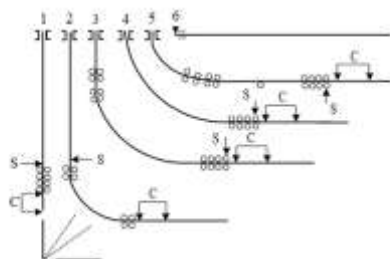


Рисунок 1. Затравка: 1 – кристаллизатор; 2 – головка затравки

Жидкий металл, соприкоснувшись с холодной затравкой и кристаллизатором, начинает кристаллизоваться; затравку вместе с застывшим на ней металлом медленно опускают из кристаллизатора; вместе с затравкой тянется и получающийся таким образом слиток. Закристаллизовавшиеся грани слитка (средняя часть слитка еще жидкая) скользят при этом по стенкам кристаллизатора. Для уменьшения усилий вытягивания и исключения случаев разрыва корочки из-за приваривания ее к стенкам кристаллизатора последнему придают возвратно-поступательное движение, на его стенки подают смазку, на поверхности жидкого металла в кристаллизаторе наводят шлак, тонкая пленка которого между кристаллизатором и слитком уменьшает трение. Выходящую из кристаллизатора заготовку (слиток) с жидкой сердцевиной подвергают интенсивному охлаждению (обычно тонкораспыленными струями воды, подаваемой через специальные форсунки). Это охлаждение называют *вторичным* (*первичным* называют охлаждение в кристаллизаторе). После затвердевания по всему сечению заготовка поступает на участок резки, где ее разрезают на мерные длины (части заданной длины).

В зависимости от формирующих отливку устройств принято различать два типа непрерывного литья: 1) в неподвижный или качающийся кристаллизатор скольжения, из которого непрерывно вытягивается закристаллизовавшийся слиток (заготовка) – с разливкой с использованием кристаллизатора; 2) в желоб (ручей) между движущимися лентами или другими движущимися формами (кристаллизаторами) либо непосредственно в валки – с разливкой без кристаллизатора.

Первый вид установок непрерывной разливки стали (рис. 2) условно можно разделить на шесть основных типов: с вертикальным кристаллизатором (установки 1 – 3), с криволинейным кристаллизатором (установки 4, 5), с горизонтальным кристаллизатором (6).



1 – вертикального типа; 2 – вертикального типа с изгибом; 3 – с вертикальным кристаллизатором с короткой вертикальной частью и последующим изгибом по определенному радиусу; 4 – радиального типа; 5 – с изогнутым кристаллизатором и возрастающим радиусом изгиба (криволинейного типа); 6 – горизонтального типа; С – зона порезки заготовки; S – конец затвердевания

Рисунок 2. Принципиальные схемы установок непрерывной разливки стали

Если из металла одной плавки получают один слиток (одну заготовку), который затем извлекают, то разливку принято называть полунепрерывной. По форме кристаллизатора машины делятся на: блюмовые (крупное прямоугольное сечение), сортовые (мелкое квадратное или круглое сечение), слябовые (прямоугольного сечения с узкой гранью).

Конструкции машин непрерывного литья (МНЛЗ)

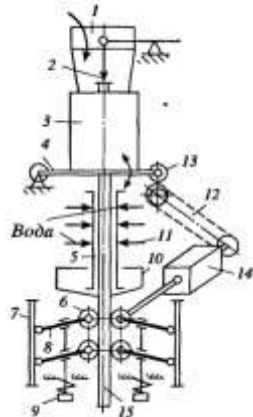


Рисунок 3. Схема вертикальной двухручьева МНЛЗ

Применение таких машин для литья цветных металлов в последние годы расширяются. На рисунке 3 показана схема вертикальной МНЛЗ для непрерывной отливки вайербасов из бескислородной меди. МНЛЗ входит в состав плавильно литейного комплекса, включающего индукционную печь ИЛК-16, миксер, МНЛЗ и участок резки и штабелирования.

На двухручьевой МНЛЗ отливают слитки круглого (диаметром 90-105 мм) или квадратного сечений (размером от 90 х 90 до 105 х 105 мм). Над кристаллизаторами 3 установлена распределительная коробка 1, в которую из миксера поступает жидкая медь, далее она через два стопорных устройства 2 подается в кристаллизаторы, снабженные механизмами качания.

Каждый кристаллизатор имеет независимую от другого раму качания 4, колеблющуюся от кулачкового механизма 13 с приводом 12. Вниз по направлению перемещения слитка кристаллизатор движется со скоростью разливки, вверх — со скоростью в 2-3 раза больше; амплитуда качания составляет 11,5 мм. Частоту возвратнопоступательного перемещения кристаллизатора можно изменять в зависимости от скорости литья.

Дальнейшее охлаждение слитков 15 осуществляется в системе вторичного охлаждения 5, состоящего из форсунок 11 и сборников воды 10.

Тянущая клеть каждого ручья состоит из корпуса 7, валков 6, механизма 9 их прижатия к слитку и привода 14 вращения валков. Концевые опоры валков 6 крепятся на поворотных рычагах 8, шарнирно закрепленных в корпусе клетки. Пружинное устройство 9, воздействуя на верх рычагов прижимает их с валками к слитку.

Скорость вытягивания изменяется в пределах 0,2-0,9 м/мин. Ниже тянущей клетки движущий слиток разрезают дисковой пилой, движущейся во время резки вместе со слитком. Отрезанные заготовки с помощью корзины-кантователя поворачивают на 90° и укладывают на ролик, который транспортирует их к участку резки на вайербасы.

Подобная линия обеспечивает производительность около 7 т/ч.

На рисунке 4 показана МНЛЗ, у которой кристаллизатор 4 вмонтирован в дно миксера 1, образуя с ним одно целое. Кристаллизатор водоохлаждаемый, рабочие стенки 3 изготовлены из графита. Для регулирования подачи металла в кристаллизатор служит стопорное устройство 2.

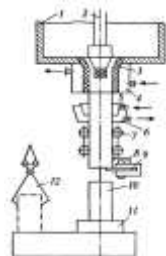


Рисунок 4 – Схема МНЛЗ с кристаллизатором, вмонтированным в дно миксера

После выхода из кристаллизатора слиток охлаждают душирующим устройством 5, сбегаящая со слитка вода собирается в водосборнике 6. Тянущее устройство (клеть) состоит из двух-трех пар валков 7, часть которых является тянущими, а остальные — направляющими. Прижатие валков к слитку осуществляется гидравлическим или пружинно-винтовым устройством.

После тянущей клетки расположен механизм резки, состоящий из дисковой пилы 9 и гидрозахвата 8, который обеспечивает сцепление механизма резки со слитком и их синхронное движение во время разрезания слитка. Отрезанную заготовку 10 с помощью самоходной тележки 11 перемещают от оси слитка и далее захватом 12 передают на последующую обработку.



Тема 1.5 Разливка стали

Лабораторное занятие №6. Работа по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций на МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Отработать навыки распознавания, предотвращения и ликвидации аварийных ситуаций при работе на МНЛЗ с использованием тренажёра-имитатора SIKE. Оператор МНЛЗ.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «МНЛЗ»

Задание:

Ознакомиться с перечнем возможных аварийных ситуаций на МНЛЗ:

- прорыв металла в кристаллизаторе (завалка);
- остановка вытягивания заготовки;
- отказ системы охлаждения кристаллизатора;
- падение давления воды в зоне вторичного охлаждения;
- обрыв струи металла из промежуточного ковша;
- появление трещин на поверхности заготовки;
- дефекты формы заготовки (изгиб, скручивание).

В режиме тренажёра отработать действия при каждой из заданных ситуаций:

- распознать сигнал тревоги (звуковой, световой, изменение параметров на мнемосхеме);
- определить тип аварии;
- выполнить действия по её устранению (снизить скорость, остановить разливку, включить резервное охлаждение, поднять кристаллизатор);
- зафиксировать результаты (удалось ли предотвратить развитие аварии, время реакции).

Заполнить протокол действий по каждой ситуации.

Проанализировать причины возникновения каждой аварии (с точки зрения нарушения технологии или отказа оборудования).

Сделать вывод о важности быстрого реагирования и знания алгоритмов.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические материалы по аварийным ситуациям на МНЛЗ.
2. Запустить тренажёр SIKE в режиме отработки аварийных ситуаций.
3. Последовательно отработать каждую заданную ситуацию:
4. Зафиксировать момент возникновения аварии.
5. Выполнить алгоритм действий.
6. Записать время реакции и результат.
7. Для каждой ситуации заполнить протокол.

8. Сформулировать вывод о наиболее опасных ситуациях и способах их предотвращения.
9. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Краткий конспект с теоретическими материалами

Результат тестирования в мультимедийном тренажере Sike «МНЛЗ»

Критерии оценки:

«Отлично» – все аварийные ситуации распознаны верно, алгоритмы действий выполнены правильно, протокол заполнен полностью, вывод обоснован.

«Хорошо» – допущены 1–2 ошибки в действиях, но авария локализована, протокол заполнен, вывод сделан.

«Удовлетворительно» – аварии распознаны, но действия выполнены с ошибками (авария не предотвращена), протокол неполный.

«Неудовлетворительно» – ситуации не распознаны, работа не выполнена.

Краткие теоретические сведения

Необходимо понимать, что всеми действиями персонала при возникновении неполадок и неисправностей, а также при их устранении руководит сменный производственный мастер (бригадир) разливки.

Остановка слитка в машине. В случае остановки слитка в машине расходы воды на вторичное охлаждение автоматически снижаются до минимальных, соответствующих скорости разливки 0,4 м/мин. Оператор главного пульта управления каждые 30 секунд по громкой связи сообщает персоналу разливки об оставшемся времени до возможного возобновления разливки. Возобновление разливки возможно не позднее, чем через 5 минут после остановки слитка. Если в течение указанного времени причины, вызвавшие остановку слитка, устранены, то машину запускают с заданным значением скорости 0,4 м/мин, выводят пояс из кристаллизатора и увеличивают скорость до 0,8 м/мин. По истечении 3 минут скорость разливки увеличивают до рабочей. При невозможности возобновления разливки в течение 5 минут после остановки слиток захолаживают в машине в следующем порядке:

- устанавливают расходы воды на зонах вторичного охлаждения, соответствующие скорости разливки 1,5 м/мин;
- открывают сегменты ручья с помощью устройств «быстрого» размыкания, начиная с горизонтального участка.

Захоложенный слиток извлекают из машины в следующем порядке:

- через 30 минут после начала охлаждения слитка демонтируют кристаллизатор, при необходимости предварительно открутив гайки крепления роликовой подвески;
- разрезают слиток ручным резаком между 4 и 5 роликами сегмента № 5, поднимают приводные ролики сегментов № 4 и № 5 и выводят слиток из зоны правки и горизонтального участка с помощью приводных роликов второй группы;
- вводят затравку до оставшейся части слитка, закрывают (сводят) сегменты № 6 и № 7 настраивают приводные ролики данных сегментов на давление затравки;
- разрезают слиток между последним роликом зоны загиба и первым роликом 1 сегмента и удаляют часть слитка из зоны загиба краном;
- с помощью газового резака наносят метку на слиток между сегментами №2 и № 3, с помощью затравки и приводных роликов выдают вверх около двух метров слитка, которые строят и отрезают над первым роликом сегмента № 1. Операцию повторяют до полного удаления слитка из машины.

Прогар сталеразливочного ковша. При прогаре сталеразливочного ковша закрывают шиберный затвор и стопор промежуточного ковша (или перекрывают стакан-дозатор запорной плитой устройства «быстрой» замены). Останавливают машину (или машины), удаляют персонал с опасного участка и включают сирену. Сталеразливочный ковш без поднятия разворачивают на аварийные емкости (при необходимости - с главного пульта управления), затем увозят с разливочной площадки.

Неисправности шиберного затвора сталеразливочного ковша. Если шиберный затвор не открывается, то разливку плавки начинают с использованием второго шиберного затвора. При заклинивании шиберного затвора переходят на аварийный режим работы гидравлики или пытаются закрыть шиберный затвор. В случае прохода металла между плитами шиберный затвор закрывают. Если утечка металла прекращается, то сменный производственный мастер (бригадир) разливки принимает решение о возможности продолжения разливки плавки с использованием второго шиберного затвора. В противном случае сталеразливочный ковш разворачивают на аварийные емкости и включают звуковую сигнализацию.

Прогар промежуточного ковша. Разливку стали из сталеразливочного и промежуточного ковшей прекращают, промежуточный ковш перемещают в позицию над шлаковной.

Некрытие (разрушение) стопора промежуточного ковша. Признаки: резкие колебания (повышение) уровня металла в кристаллизаторе. Работу стопора переводят в ручной режим и пытаются его «приработать» короткими ударами («открыть - закрыть»), по возможности понижают уровень металла в кристаллизаторе на 150-200 мм (визуально), при этом допускается кратковременное увеличение скорости разливки до 1,5 м/мин. Если процесс регулирования не нормализован, то закрывают шиберный затвор сталеразливочного ковша, применяют запорную плиту устройства «быстрой» замены и промежуточный ковш перемещают на шлаковню.

Перелив кристаллизатора. Закрывают стопор промежуточного ковша, останавливают машину и перемещают тележку промежуточного ковша на шлаковню. Обрезают «заливины» металла по кромкам медных плит кристаллизатора. Если в машине находится слиток длиной менее 3 м, то его охлаждают в машине и выдают через кристаллизатор вверх. Если в машине находится слиток длиной более 3 м, то в течение 5 минут после остановки машины предпринимают попытки выдать его на скорости 2,5 м/мин с помощью приводов машины (при длине слитка менее 5 м - с выключенным вторичным охлаждением, при длине слитка более 5 м - с минимальным расходом воды на вторичное охлаждение).

Попадание шлака из промежуточного ковша в кристаллизатор. Машину останавливают, в течение не более 5 минут удаляют шлак специальной ложкой и выдают конец слитка.

Подвисание корки слитка в кристаллизаторе. При выдаче системой обнаружения прорыва сигнала о предаварийной ситуации незамедлительно снижают скорость разливки в «быстром» темпе до 0,6 м/мин. Если по истечении 30 секунд после начала разливки на пониженной скорости сигнал не прекратится, машину останавливают и вновь запускают. При визуальном определенном подвисании корочки слитка на 20-30 сек. останавливают машину и качание кристаллизатора, обновляют шлак и запускают машину на скорости 0,4 м/мин. После разливки 1,2-1,5 м скорость увеличивают до 0,8 м/мин и затем до рабочей. При повторных подвисаниях разливку на данной машине прекращают.

Прорыв корки слитка под кристаллизатором. Закрывают стопор промежуточного ковша и применяют запорную плиту устройством «быстрой» замены. На две минуты снижают скорость разливки до 0,6 м/мин. Затем увеличивают скорость разливки до рабочей и выдают слиток. При возрастании нагрузки на привода до 170% от номинальной (имевшей место при нормальной разливке) слиток останавливают и захлаживают в машине.

Разливка стали с массовой долей серы 0,026-0,030%. При угрозе возникновения аварийной ситуации или потере в брак значительного количества металла допускается разливка на УНРС-4,6 отдельных плавков с массовой долей серы 0,026-0,030% со скоростью 0,7 м/мин (при толщине слитка 250 мм). Плавки с массовой долей серы более 0,030% передаются на вертикальные УНРС.

Привод поворотного стенда. При выходе из строя привода поворотного стенда и поступления сообщения о неисправности (световой и звуковой сигнал на пульте управления стендом) переключаются на аварийный привод.

Тележка промежуточного ковша. При выходе из строя привода перемещение тележки из позиции «разливка» до позиции «нагрев промежуточного ковша» производят другой тележкой.

Механизм качания кристаллизатора. При выходе из строя механизма качания (световой и звуковой сигнал на пульте разливщика) разливку прекращают и выдают конец слитка.

Кристаллизатор. При появлении течи воды в рабочую полость кристаллизатора разливку прекращают и выдают конец слитка.

Приводы ручья. Если машина не запускается после наполнения кристаллизатора и/или нет сигналов о неисправностях, кратковременно задействуют режим «стоп» и снова запускают приводы. Если в процессе разливки не удастся изменить скорость или возникают самопроизвольные изменения скорости, разливку на данной машине прекращают и выдают конец слитка.

Машина газовой резки. При отказе в работе машины газовой резки слиток разрезают на мерные длины ручным резаком.

В режиме «разливка» сообщения о неисправностях поступают на главный пульт управления. Оператор главного пульта в соответствии ситуацией дает команду персоналу на изменение скорости или остановку машины.

Изучение работ на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций на МНЛЗ

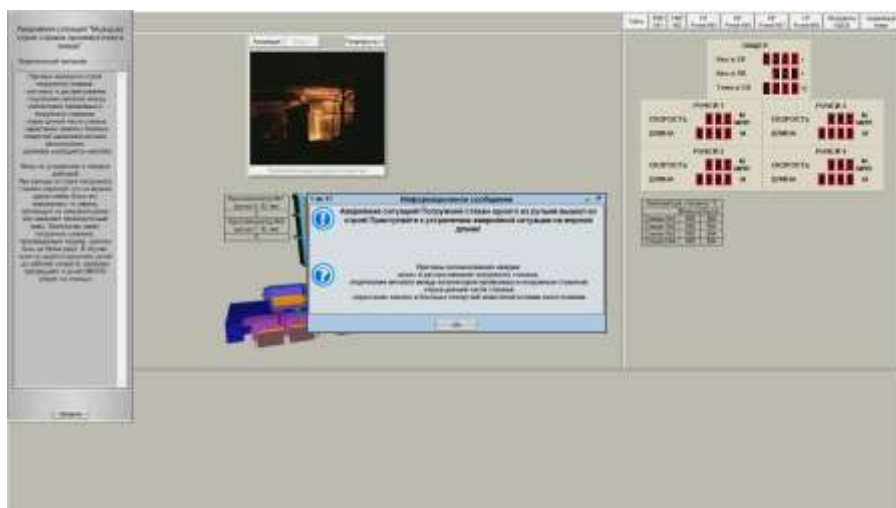
1 Зайти в программу «Sike «МНЛЗ» в раздел 4. Работа на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций.



2. Ознакомится с работой на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций на МНЛЗ, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по предотвращению аварийных ситуаций на МНЛЗ



Тема 1.5 Разливка стали

Лабораторное занятие №7. Осуществление разливки стали на МНЛЗ (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Освоить технологический процесс непрерывной разливки стали на МНЛЗ с использованием тренажёра-имитатора SIKE. Разливка стали на МНЛЗ, сформировать навыки ведения разливки от подготовки до резки готовых заготовок.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Тренажер. Разливщик стали МНЛЗ

Задание:

Ознакомиться с теоретическим разделом тренажёра, освещающим основные этапы непрерывной разливки стали.

Выполнить подготовку к разливке:

- установить сталеразливочный ковш на стенд;
- подготовить промежуточный ковш;
- проверить работу кристаллизатора и системы охлаждения.

Осуществить начало разливки:

- открыть стопор сталеразливочного ковша;
- заполнить промежуточный ковш;
- начать подачу металла в кристаллизатор.

В процессе разливки регулировать:

- скорость вытягивания заготовки;
- уровень металла в кристаллизаторе;
- расход воды в зоне вторичного охлаждения;
- подачу смазки и защитных флюсов.

Контролировать качество поверхности заготовки (выявление дефектов).

Произвести резку заготовок на мерные длины.

Заполнить протокол разливки с указанием всех параметров.

Проанализировать результаты — соответствует ли полученная заготовка заданным требованиям.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретический материал по непрерывной разливке стали (встроенный видео-курс тренажёра).

2. Получить от преподавателя исходные данные для разливки (марка стали, сечение заготовки, температура).

3. Выполнить подготовку к разливке с использованием виртуального пульта.
4. Запустить процесс разливки. Фиксировать показания приборов каждые 2–3 минуты.
5. При достижении заданных параметров (заданная длина заготовки или окончание металла в ковше) завершить разливку.
6. Выполнить резку заготовок.
7. Провести виртуальный контроль качества заготовок. Если есть дефекты — определить их причины.
8. Заполнить протокол разливки.
9. Сделать вывод о качестве проведённой разливки.

Форма представления результата:

Краткий конспект с теоретическими материалами

Результат тестирования в мультимедийном тренажере Sike «МНЛЗ»

Критерии оценки:

«Отлично» — все аварийные ситуации распознаны верно, алгоритмы действий выполнены правильно, протокол заполнен полностью, вывод обоснован.

«Хорошо» — допущены 1–2 ошибки в действиях, но авария локализована, протокол заполнен, вывод сделан.

«Удовлетворительно» — аварии распознаны, но действия выполнены с ошибками (авария не предотвращена), протокол неполный.

«Неудовлетворительно» — ситуации не распознаны, работа не выполнена.

Сценарий разливки стали на слябовой МНЛЗ

Сценарий обучения является **пошаговой инструкцией** по разливке стали на МНЛЗ и освещает основные этапы разливки стали.

В режиме «**Обучение**», в отличие от режима «**Тестирование**», для заданий сценария доступны описания по их выполнению (какую кнопку нажать, какое значение ввести и т.д.).

Задания сценария делятся на 2 типа:

1. задания, которые пользователь выполняет самостоятельно;
2. информационные сообщения, которые по ходу ведения разливки либо будут уведомлять об операциях, которые будут происходить в автоматическом режиме, либо выдавать рекомендации по ведению процесса (переход к следующему заданию для данного типа сообщения происходит при нажатии на кнопку «Подтвердить выполнение»).

На вкладке «Практикум» выберите следующую целевую марку стали и параметры заготовки (Рисунок 1).

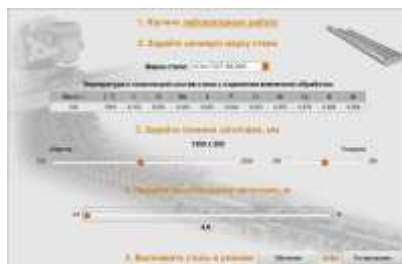


Рисунок 1. Начальные и целевые параметры

3. Задания №1 и №2 являются информационными. Прочитайте их и для перехода к

следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение» (Рисунок 2).

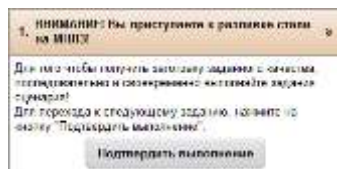


Рисунок 2. Пример информационного задания

4. В задании №3 необходимо завести затравки. Для этого требуется в правой верхней части анимации нажать на кнопку «Завести затравки» (Рисунок 3).



Рисунок 3. Кнопка «Завести затравки»

5. Задание №4 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».

6. В задании №5 необходимо установить кривую охлаждения в соответствии с заданным сечением и маркой стали. Для этого в разделе «Параметры разливки» установите для параметра «Охлаждение» соответствующую группу. Для стали марки СтЗсп следует выбрать среднее охлаждение (Рисунок 4).

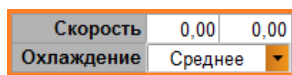


Рисунок 4. Кривая охлаждения

7. В задании №6 необходимо запустить постановку сталеразливочного ковша на разливочный стэнд. Для этого требуется в верхней части анимации нажать на кнопку «Установить стальковш».

8. Задания №7-17 выполняются аналогично предыдущим.

9. В задании №18 необходимо открыть шибер сталеразливочного ковша. Для этого требуется на пульте управления «Стальковш Шибер» нажать на кнопку «Откр.» (Рисунок 5).



Рисунок 5. Пульт управления «Стальковш Шибер»

10. В задании №19 необходимо наполнить промежуточный ковш на 10 тонн. Следите за массой в промковше в разделе «Химический анализ» в поле «ПК» столбец «Масса нетто, т» (Рисунок 6).

Химический анализ									
	Масса нетто, т	Т, °C		C	Si	Mn	S	P	Cu
		Ср.	Лимит						
СК	330.0	1549	1515	0.152	0.255	0.434	0.023	0.024	0.216
ПК	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 6. Химический анализ

11. В заданиях №20-21 необходимо подать шлакообразующую смесь в промковш и под стопор. Для этого в области анимации нажмите на кнопку

«Подать шлакообразующую смесь». Затем в поле «Задание, кг» для промковша задайте вес 100 кг и нажмите кнопку «Добавить смесь».

Аналогично задайте вес для стопора. Рекомендуемая порция на двастопора – 100 кг, по 50 кг под каждый стопор (Рисунок 7).

Задание, кг	Время, мин	Si	S	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	CaO	Пожелтение
Под стопор	100	0	0	0	0	0	0	0
Под промковш	100	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 7. Вкладка «Шлакообразующие»

12. Задания №22-24 выполняются аналогично предыдущим.

13. В заданиях №25-26 необходимо наполнить кристаллизаторы №1 и №2 на 70%. Задание выполнится автоматически. Уровень в кристаллизаторе можно отслеживать в разделе «Параметры разливки», в поле «Уровень, %». Если заданный уровень совпадает с фактическим, после подсветится зеленым цветом (Рисунок 8).

Уровень, %	Качество, м/мин
70	0
70	0

Рисунок 8. Уровень наполнения кристаллизатора

14. Задания №27-32 выполняются аналогично предыдущим.

15. В задании №33 необходимо установить скорость разливки 0,2 м/мин по ручью №1. Для этого на пульте управления «Р1» требуется в разделе «Скорость разливки» нажать на кнопку «+» (Рисунок 9).

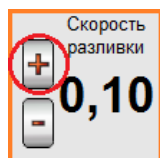


Рисунок 9. Скорость разливки

16. Задания №34-44 выполняются аналогично.

17. В задании №45 необходимо произвести замер температуры металла в промковше и отобрать пробу металла. Для этого требуется в области анимации нажать на кнопку «Произвести замер» (Рисунок 10).



Рисунок 10. Кнопка «Произвести замер»

18. В заданиях №46-47 необходимо установить рабочую скорость разливки по ручью №1 и ручью №2. Руководствуясь результатами замера, проведенного в задании №45, в разделе «Химический анализ» определите перегрев над температурой ликвидуса в проковше по формуле

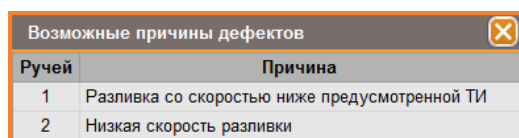
«Фактическая температура в проковше» – «Температура ликвидуса в проковше». Значения температур можно узнать строке «ПК» столбец «Т,°C». Затем по таблице «Скорость вытягивания в зависимости от перегрева металла над температурой ликвидус и ширины сляба для марок стали, разливаемых в практикуме «SIKE. Разливка стали на слябовой МНЛЗ» приведенной в п.2.2.2 лабораторной работы определите необходимую скорость разливки.

ВНИМАНИЕ! Устанавливать рабочую скорость следует ПЛАВНО, между переключениями скорости должно пройти не менее 10 секунд, во избежание возникновения дефектов.

19. Задания №48-93 выполняются аналогично предыдущим.

20. Во время разливки в разделе «Параметры разливки» при нажатии на таблицу, в которой выводится количество заготовок, открывается таблица

«Возможные причины дефектов». Руководствуясь данными, вы можете контролировать качество выдаваемых заготовок (Рисунок 11).



Возможные причины дефектов	
Ручей	Причина
1	Разливка со скоростью ниже предусмотренной ТИ
2	Низкая скорость разливки

Рисунок 11. Таблица «Возможные причины дефектов»

21. В задании №94 необходимо установить скорость разливки, обеспечивающую стабильную порезку сляба на мерные длины. Для сечения 250 мм требуется установить скорость по ручью №1 и ручью №2 – 1,1 м/мин.

Так как процесс разливки занимает длительное время, чтобы сократить время ожидания, можно увеличить коэффициент в разделе «Параметры разливки» при помощи полосы «Ускорение времени».

Тема 2.2 Технология производства стали в электропечах
Лабораторное занятие №8. Изучение устройства и эксплуатации пульта управления
ДСП-180 (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить устройство дуговой сталеплавильной печи (ДСП) ёмкостью 180 тонн, принципы управления технологическим процессом выплавки стали и работу пульта управления с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «ДСП-180 »

Задание:

1. Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства ДСП-180.
2. Изучить трёхмерную модель ДСП: рассмотреть все основные узлы и агрегаты:
 - кожух печи (цилиндрическая часть, днище, фланец, опорное кольцо);
 - футеровка (подина, стены, свод);
 - электродная система (электроды, механизмы перемещения и зажима);
 - механизм наклона печи;
 - система водоохлаждения (сводовые и стеновые панели);
 - система загрузки шихты;
 - печной трансформатор и электрооборудование;
 - система газоочистки;
 - рабочее окно.
3. Для каждого узла ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).
4. Изучить теоретические основы выплавки стали в ДСП:
 - шихтовые материалы и требования к ним;
 - этапы плавки (заправка печи, завалка шихты, расплавление, окислительный период, восстановительный период, выпуск);
 - электрический режим работы печи.
5. Ознакомиться с виртуальным пультом управления (кнопки, рычаги, индикаторы, мнемосхема).
6. Выполнить симуляцию базовых операций: подготовка печи к плавке, загрузка шихты, включение печи, регулировка мощности, контроль температуры.
7. Зафиксировать показания приборов (ток, напряжение, мощность, температура) на каждом этапе.
8. Выполнить тестирование по устройству и эксплуатации ДСП-180.
9. Составить краткое описание последовательности действий оператора ДСП.
10. Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.
2. Получить технологическую инструкцию «Технология выплавки стали в ДСП-180т».
3. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый узел ДСП, записывая его назначение.
4. Для каждого узла указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе.
5. Изучить теоретический материал по технологии выплавки стали в ДСП.
6. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.
7. Пошагово выполнить заданный технологический цикл (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.
8. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации элементов на модели и проверке знаний.
9. Заполнить протокол выполнения операций.
10. Ответить на контрольные вопросы:
 - каково назначение футеровки ДСП?
 - как устроена электродная система?
 - какие периоды плавки выделяют в ДСП?
 - как регулируется мощность печи?
11. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Результат тестирования в мультимедийном тренажёре Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи»

Критерии оценки:

- «Отлично» - работа выполнена точно в срок и в соответствии с требованиями, ошибок нет.
- «Хорошо» - допускаются небольшие неточности или некоторые ошибки в работе.
- «Удовлетворительно» - в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы, допущено ошибок более 50% от работы.
- «Неудовлетворительно» - работа полностью не соответствует требованиям, все задания выполнены не верно.

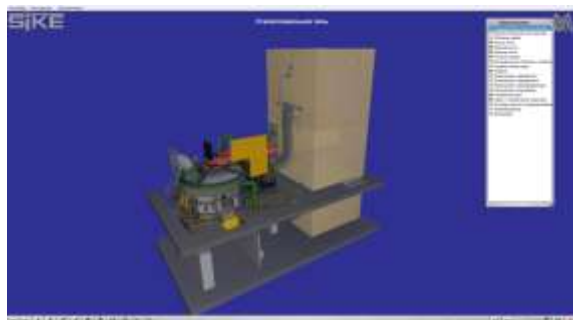
Краткие теоретические сведения

Изучение устройство ДСП

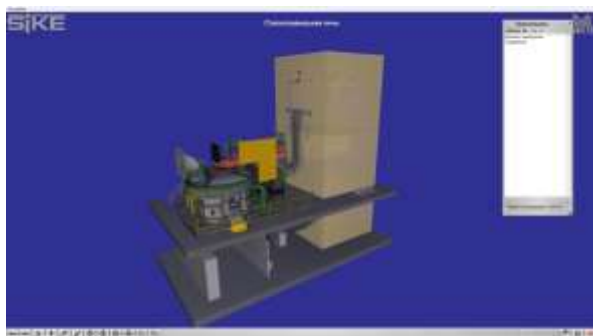
- 1 Зайти в программу «Sike «ДСП» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу сталеплавильная печь



Тема 2.2 Технология производства стали в электропечах
Лабораторное занятие №9. Работа по постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в ДСП-180 т (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Отработать навыки распознавания, предотвращения и ликвидации аварийных ситуаций при работе на ДСП-180 с использованием тренажёра-имитатора SIKE. Сталевар электропечи.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «ДСП-180 т»

Задание:

Ознакомиться с перечнем возможных аварийных ситуаций на ДСП-180:

- обрыв электрода и падение его в ванну;
- короткое замыкание («бросок» тока);
- пробой (прогар) футеровки подины или стен;
- отказ системы водоохлаждения свода или стеновых панелей;
- перегрев металла выше допустимой температуры;
- аварийное отключение электроэнергии;
- зависание шихты;
- выброс металла и шлака через рабочее окно.

В режиме тренажёра отработать действия при каждой из заданных ситуаций:

- распознать сигнал тревоги (звуковой, световой, изменение параметров на мнемосхеме);
- определить тип аварии;
- выполнить действия по её устранению (отключить печь, поднять электроды, включить резервное охлаждение, наклонить печь для выпуска);
- зафиксировать результаты (удалось ли предотвратить развитие аварии, время реакции).

Заполнить протокол действий по каждой ситуации.

Проанализировать причины возникновения каждой аварии (с точки зрения нарушения технологии или отказа оборудования).

Сделать вывод о важности быстрого реагирования и знания алгоритмов.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические материалы по аварийным ситуациям на ДСП.
2. Запустить тренажёр SIKE в режиме отработки аварийных ситуаций.
3. Последовательно отработать каждую заданную ситуацию:
4. Зафиксировать момент возникновения аварии.
5. Выполнить алгоритм действий.

6. Записать время реакции и результат.
7. Для каждой ситуации заполнить протокол.
8. Сформулировать вывод о наиболее опасных ситуациях и способах их предотвращения.
9. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Краткий конспект с теоретическими материалами

Результат тестирования в мультимедийном тренажере Sike «ДСП-180 т»

Критерии оценки:

- «Отлично» - работа выполнена точно в срок и в соответствии с требованиями, ошибок нет.
- «Хорошо» - допускаются небольшие неточности или некоторые ошибки в работе.
- «Удовлетворительно» - в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы, допущено ошибок более 50% от работы.
- «Неудовлетворительно» - работа полностью не соответствует требованиям, все задания выполнены не верно.

Краткие теоретические сведения

Электросталь в настоящее время выплавляется в открытых дуговых и индукционных, вакуумных индукционных электропечах, методом электрошлакового, вакуумно-дугового, электроннолучевого, плазменно-дугового переплавов и др.

От всех работников, участвующих в процессах выплавки или переплава металла в электропечах, требуется строгое соблюдение технологических инструкций и выполнение норм безопасности. Устройство и обслуживание электропечей должно соответствовать требованиям действующих Правил безопасности в сталеплавильном производстве.

Для создания безопасных условий труда и предупреждения несчастных случаев, профессиональных заболеваний предусматриваются организационные и технические мероприятия.

Все рабочие один раз в квартал проходят инструктаж по технике безопасности, инструктаж проводят сменные мастера и руководители служб. Администрация цеха обеспечивает ежегодное обучение рабочих на курсах технического минимума, где наряду с техническими вопросами изучаются правила техники безопасности. Администрация предприятия обеспечивает всех работающих инструкциями по технике безопасности по данной специальности, а общие инструкции вывешивает в раскомандировочных помещениях и рабочих местах. Большое внимание следует уделять правильной эксплуатации оборудования, своевременному его ремонту и испытаниям. Движущиеся механизмы должны быть окрашены так, чтобы они были хорошо видны и выделялись на общем фоне цеха. Все движущиеся части должны быть надежно ограждены.

Рабочее место для выполнения безопасного производства работ должно удовлетворять следующим требованиям:

1. содержаться в чистоте, иметь достаточно естественное освещение, рабочую вентиляционную систему;
2. проходы не должны быть загромождены деталями, материалами, мусором;
3. электрооборудование должно иметь исправное заземление;
4. обслуживаемое оборудование на рабочих местах должно быть в исправном состоянии и оснащено исправными защитными приспособлениями;
5. обеспечено в достаточном количестве проверенными защитными устройствами и средствами пожаротушения.

Плавильщику запрещается:

1. приступать к работе без инструктажа или с просроченным инструктажем;
2. производить работы, включенные в перечень повышенной опасности;

3. работать в нестандартной спецодежде, без защитных средств или с нарушением правил носки спецодежды;

4. выполнять работы, не имея на это соответствующего удостоверения.

Промышленная санитария

К работе сталеварами и их подручными допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и производственное обучение, знающие правила техники безопасности и получившие специальный инструктаж. Сталевары и их подручные должны быть снабжены спецодеждой, спецобувью и защитными средствами, предусмотренными отраслевыми нормами.

Сталеплавильные цеха должны иметь душевые; гардеробные и другие санитарно-бытовые помещения.

Главные здания сталеплавильных цехов должны быть соединены с бытовыми помещениями переходами, устроенными в соответствии с требованиями санитарных норм.

Допустимые уровни шума в помещениях не должны превышать нормативных значений санитарных правил и норм.

Допустимые уровни вибрации в помещениях не должны превышать нормативных значений санитарных правил и норм.

В сталеплавильных цехах (участках) должны быть оборудованы сатураторные установки для обеспечения работников подсоленной водой с содержанием соли до 0,5% и из расчета 4-5 литров на работника в смену.

В каждом цехе (отдельном участке), в гардеробных должны быть медицинские аптечки первой помощи с набором медикаментов и перевязочных материалов.

Все приямки глубиной более 0,5 м должны вентилироваться путем подачи в них воздуха.

Работники сталеплавильного производства с учетом условий труда и характера выполняемой работы должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты в соответствии с типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты работникам, занятым в машиностроении и металлообрабатывающих производствах.

Выдача работникам средств индивидуальной защиты производится в соответствии с Правилами обеспечения работников средствами индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной защиты должны быть изготовлены из тканей и материалов, обеспечивающих защиту работников от теплового излучения, искр и брызг расплавленного металла.

Показатели применяемых тканей и материалов, обеспечивающих защитные свойства средств индивидуальной защиты, должны быть подтверждены сопроводительными документами (сертификатами соответствия, сертификатами качества, паспортами, лопротоколами испытания или другими документами).

Для защиты головы, лица и органов зрения работники должны обеспечиваться комплексным средством защиты (каска защитная в комплекте со щитком защитным и очками защитными козырьковыми со светофильтрами).

Наниматель обеспечивает прохождение работниками медицинских осмотров в соответствии с Порядком проведения обязательных медицинских осмотров работников.

Периодический санитарный контроль за состоянием факторов производственной среды на рабочих местах должен осуществляться промышленными санитарными лабораториями или другими аттестованными лабораториями, а выборочный - организациями и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор.

Пожарная безопасность производственного объекта

Пожары на производстве представляют опасность для рабочих, причиняют значительные повреждения и материальный ущерб, могут вызвать остановку работы.

Электрооборудование зданий цеха должно быть выполнено согласно "Правилам устройства электроустановок промышленных предприятий" и находиться в исправном состоянии.

Для предотвращения и локализации пожаров производится комплекс организационных и технических мероприятий:

1. обеспечение свободного подхода к средствам пожаротушения и к средствам пожарной сигнализации;
2. установка пунктов с противопожарными инструментами;
3. монтаж электрической пожарной сигнализации;
4. наличие пожарного водопровода.

Все трудящиеся цеха регулярно проходят инструктаж по противопожарной профилактике.

Чрезвычайные ситуации в условиях производства

К чрезвычайным ситуациям техногенного характера можно отнести пожары, вызванные коротким замыканием проводки, либо возникающие в результате нарушений режимов технологического процесса.

План ликвидации ЧС (на примере пожара)

При возникновении пожара необходимо немедленно, до прибытия пожарного подразделения, привести в действие соответствующие подручные средства тушения, проверить включение автоматических систем тушения, эвакуировать огнеопасные материалы и ценное оборудование, отключить подачу электроэнергии, горючих веществ и кислорода, перекрыть коммуникации, по которым возможно распространение пожара, сообщить о пожаре пожарной охране.

План ликвидации аварий должен вводиться в действие главным инженером цеха или лицом, его замещающим, немедленно после возникновения аварии.

Таблица 1 План ликвидации аварии - пожар в результате взрыва при попадании жидкого металла или шлака на воду

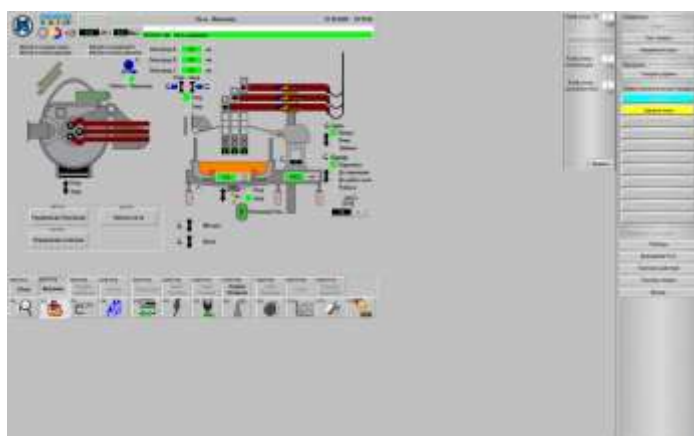
№	Мероприятия по спасению людей и ликвидации аварии	Исполнители
1	Вызвать пожарную часть по тревожной кнопке	Любой рабочий
2	Отключит электроэнергию в цехе	Главный энергетик
3	Оповестить об аварии и вывести всех людей, находящихся в цехе	Сменные ИТР участков
4	Обеспечить подъезд пожарных к очагу пожара	Главный механик
5	Направить людей энергомеханической службы с респиратором и огнетушителями в здание цеха для вывода людей и тушения пожара	Диспетчер
6	Обеспечить подачу воды к месту пожара для его ликвидации	Главный механик

Изучение работ на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в ДСП-180 т

1 Зайти в программу «Sike «ДСП-180 т» в раздел 4. Работа на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций.



2. Ознакомится с работой на постах управления в технологическом процессе по предотвращению аварийных ситуаций в ДСП-180 т, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по предотвращению аварийных ситуаций в дуговой сталеплавильной печи.

Тема 2.2 Технология производства стали в электропечах
Лабораторное занятие №10. Осуществление выплавки стали в ДСП-180 т
(мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Освоить технологический процесс выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи ДСП-180 с использованием тренажёра-имитатора SIKE. Выплавка стали в ДСП, сформировать навыки ведения плавки от загрузки шихты до выпуска готовой стали.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.3 выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

У 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Задание:

1. Ознакомиться с теоретическим разделом тренажёра, освещающим основные этапы выплавки стали в ДСП.

2. Изучить технологическую инструкцию «Технология выплавки стали в ДСП-180т».

3. Рассчитать шихтовку: определить необходимое количество металлического лома, чугуна, извести, ферросплавов и других материалов.

4. Выполнить загрузку шихтовых материалов в печь с соблюдением порядка укладки (мелкий лом на подину, крупный — в средней части).

5. Осуществить плавку по этапам:

6. Расплавление — включение печи, расплавление шихты, наведение шлака;

7. Окислительный период — удаление вредных примесей (фосфора, кремния, марганца), контроль температуры;

8. Восстановительный период — раскисление, легирование, доводка до заданного химического состава;

9. Выпуск стали — наклон печи, слив металла в ковш.

10. В процессе плавки контролировать:

– электрический режим (ток, напряжение, мощность);

– температуру металла;

– химический состав (отбор проб).

11. Определить момент окончания плавки (по достижении заданного состава и температуры).

12. Произвести выпуск стали в ковш.

13. Заполнить протокол плавки с указанием всех параметров.

14. Проанализировать результаты — соответствует ли полученная сталь заданной марке.

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Тренажер. Сталевар ДСП

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретический материал по технологии выплавки стали в ДСП (встроенный видео-курс тренажёра и технологическая инструкция).

2. Получить от преподавателя исходные данные для плавки (марка стали, состав шихты).

3. Ознакомиться со сценарием выполнения работы — пошаговой инструкцией по выплавке стали.
4. В режиме «Обучение» выполнить все этапы плавки с доступными подсказками.
5. В режиме «Тестирование» (или «Практикум») выполнить плавку самостоятельно, без подсказок.
6. Фиксировать показания приборов на каждом этапе (температура, ток, напряжение, мощность).
7. При достижении заданных параметров прекратить нагрев и произвести выпуск.
8. Сравнить полученный состав стали с заданным. Если есть отклонения — определить их причины.
9. Заполнить протокол плавки.
10. Сделать вывод о качестве проведённой плавки.

Форма представления результата:

Результат тестирования в Тренажере Сталевар ДСП

Критерии оценки:

- «Отлично» - работа выполнена точно в срок и в соответствии с требованиями, ошибок нет.
- «Хорошо» - допускаются небольшие неточности или некоторые ошибки в работе.
- «Удовлетворительно» - в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы, допущено ошибок более 50% от работы.
- «Неудовлетворительно» - работа полностью не соответствует требованиям, все задания выполнены не верно.

Краткие теоретические сведения

Сценарий выплавки стали в ДСП

Сценарий обучения является пошаговой инструкцией по выплавке стали на ДСП и освещает основные этапы выплавки стали.

В режиме «Обучение», в отличие от режима «Тестирование», для заданий сценария доступны описания по их выполнению (какую кнопку нажать, какое значение ввести и т.д.).

Задания сценария делятся на 2 типа:

1. задания, которые пользователь выполняет самостоятельно;
2. информационные сообщения, которые по ходу ведения выплавки либо будут уведомлять об операциях, которые будут происходить в автоматическом режиме, либо выдавать рекомендации по ведению процесса (переход к следующему заданию для данного типа сообщения происходит при нажатии на кнопку «Подтвердить выполнение»).

Пример выполнения сценария

1. На вкладке «Практикум» выберите следующую целевую марку стали и вариант шихтовки (Рисунок 1).



Рисунок 1. Начальные и целевые параметры

2. Задание №1 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».

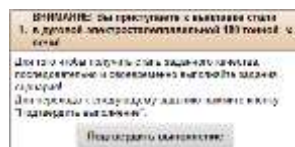


Рисунок 2. Пример информационного задания

3. В задании №2 необходимо запустить стеновые газокислородные горелки. Для этого требуется на пульте управления в разделе «Горелки» нажать на кнопку «Старт». Задание №3 выполняется аналогично (Рисунок 3).

Рисунок 3. Панель управления стеновых газокислородных горелок и кислородных инжекторов



4. Задание №4 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».

5. В заданиях №5-8 требуется произвести подготовку к завалке лома, для этого требуется отвести газопод, поднять свод печи, разблокировать и открыть портал.

6. В задании №9 необходимо произвести завалку лома. Для этого в области анимации нажмите на кнопку «Завалка лома» (Рисунок 4).



Рисунок 4. Кнопка «Завалка лома»

7. В заданиях №10-14 требуется произвести подготовку к плавлению металла. Для этого необходимо закрыть и заблокировать портал, опустить свод печи и закрыть газопод.

8. В задании №15 необходимо включить заземление. Для этого требуется на пульте управления «Заземление» перевести переключатель в положение «Вкл».

9. В задании №16 необходимо включить печь. Для этого требуется на пульте управления «Печной выключатель» повернуть тумблер в положение 1.

10. В заданиях №17-18 требуется выбрать программу для работы горелок и кислородных инжекторов в соответствии с шихтовкой плавки. Для этого необходимо на пульте управления «Параметры плавки» в разделе «Программа» выбрать соответствующие значения (Рисунок 5).

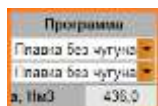


Рисунок 5. Программа для работы горелок и инжекторов

11. В задании №19 требуется отдать порцию доломита в печь. Для этого в области анимации необходимо нажать кнопку «Отдать материалы» (Рисунок 6).

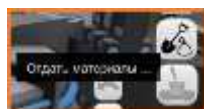


Рисунок 6. Кнопка «Отдать материалы»

Затем в открывшемся окне на вкладке «Шлакообразующие» в поле «Задание, кг» для доломита введите соответствующее значение – 2000 кг. И нажмите кнопку «Отдать в ДСП» (Рисунок 7).



Рисунок 7. Вкладка «Шлакообразующие»

12. Задания №20-37 выполняются аналогично предыдущим.

13. В заданиях №38-42 требуется произвести расчет ферросплавов, которые необходимо добавить в ковш для получения целевого химического состава стали.

Для расчета и добавления материалов в области анимации нажмите на кнопку «Отдать материалы», затем перейдите на вкладку «Ферросплавы». В нижней части данной вкладки находится форма автоматического расчета материалов.

Рассчитайте количество необходимых ферросплавов и введите полученные значения в поле «Задание, кг» (Рисунок 8).



Рисунок 8. Задание на подачу ферросплавов

14. Задания №43-44 выполняются аналогично предыдущим.

15. В задании №45 необходимо разблокировать печь. Для этого требуется отвести газоход и в панели управления «Наклон печи» нажать на кнопку с изображением открытого замочка.

16. Задания №46-57 выполняются аналогично предыдущим.

Внимание! Так как некоторые операции занимают длительное время, чтобы сократить время ожидания, можно увеличить коэффициент в разделе «Параметры плавки» при помощи полосы «Ускорение времени».



Рисунок 9. Полоса для ускорения времени

Тема 3.1 Механическое оборудование конвертерных цехов
Лабораторное занятие №11. Изучение оборудования для загрузки сыпучих материалов и ферросплавов в конвертер. (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить устройство, принцип работы и технологическое назначение оборудования для загрузки сыпучих материалов (известь, руда, плавленый шпат) и ферросплавов в кислородный конвертер с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибьютора ККЦ»

Задание:

Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства оборудования для загрузки.

Изучить трёхмерную модель оборудования:

- тракт подачи сыпучих материалов (бункеры, питатели, транспортёры, весы-дозаторы);
- загрузочную машину полупортального типа (устройство и принцип работы);
- участок тарных ферросплавов (склад, системы подачи и дозирования ферросплавов);
- системы управления и контроля загрузки.

Для каждого узла ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).

Изучить технологическую схему подачи сыпучих материалов: от расходных бункеров до загрузки в конвертер.

Ознакомиться с виртуальным пультом управления загрузкой.

Выполнить симуляцию процесса дозирования и загрузки сыпучих материалов и ферросплавов.

Зафиксировать показания приборов (масса материалов, скорость подачи, время загрузки) на каждом этапе.

Выполнить тестирование по идентификации элементов оборудования загрузки.

Составить краткое описание последовательности действий оператора при загрузке сыпучих материалов.

Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.
2. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый узел тракта подачи сыпучих материалов и участка ферросплавов, записывая его назначение.

3. Для каждого узла указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе.
4. Изучить конструкцию загрузочной машины полупортального типа.
5. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.
6. Пошагово выполнить симуляцию процесса загрузки (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.
7. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации элементов на модели.
8. Ответить на контрольные вопросы:
 - каково назначение тракта подачи сыпучих материалов?
 - как осуществляется дозирование извести и других флюсов?
 - в чём отличие подачи ферросплавов от подачи основных сыпучих материалов?
 - как устроена загрузочная машина полупортального типа?
9. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Таблица «Оборудование для загрузки сыпучих материалов и ферросплавов и их функции»;
 Технологическая схема загрузки (блок-схема);
 Протокол выполнения симуляции (последовательность действий и показания приборов);
 Результаты тестирования

Критерии оценки

Оценка «отлично» – все режимы программы освоены, узлы тракта подачи и участка ферросплавов идентифицированы верно, тестирование пройдено без ошибок, протокол заполнен, вывод полный.

Оценка «хорошо» – допущены 1–2 ошибки при идентификации узлов или в последовательности операций, протокол заполнен не полностью.

Оценка «удовлетворительно» – программа освоена поверхностно, узлы идентифицированы не все, тестирование пройдено с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» – работа не выполнена.

Краткие теоретические сведения

Изучение устройства тракт подачи сыпучих материалов

1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибутора ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов кислородного конвертера с верхней продувкой.



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу тракт подачи сыпучих материалов



Изучение устройства участка тарных ферросплавов

1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибутора ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов кислородного конвертера с верхней продувкой.



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу участок тарных ферросплавов



Тема 3.1 Механическое оборудование конвертерных цехов
Лабораторное занятие №12. Изучение механического оборудования конвертера.
(мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить устройство, назначение и принцип работы механического оборудования кислородного конвертера с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибьютора ККЦ»

Задание:

Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения механического оборудования конвертера.

Изучить трёхмерную модель, рассмотреть следующие механизмы:

- конвертер с верхней продувкой (устройство корпуса, механизм наклона, цапфы);
- конвертер с комбинированной продувкой (особенности конструкции);
- машина подачи кислорода (фурма) — механизм перемещения и позиционирования фурмы;
- машина замера параметров плавки (механизм опускания зонда);
- машина отсечки шлака;
- машина скачивания шлака;
- тележка для отбора проб.

Для каждого механизма ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).

Изучить кинематические схемы: механизм наклона конвертера (гидравлический или электромеханический привод), механизм подъёма фурмы.

Ознакомиться с виртуальным пультом управления механизмами.

Выполнить симуляцию работы механизмов: наклон конвертера, подъём/опускание фурмы, отбор проб.

Зафиксировать параметры работы механизмов (скорость наклона, положение фурмы, усилие).

Выполнить тестирование по идентификации механизмов на модели.

Составить краткое описание последовательности действий оператора при управлении механизмами.

Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.

2. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый механизм конвертера, записывая его назначение и принцип работы.

3. Для каждого механизма указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе, тип привода.

4. Изучить устройство механизма наклона (опорно-поворотное устройство, цапфы, привод наклона).

5. Изучить устройство фурмы и механизма её подачи.

6. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.

7. Пошагово выполнить симуляцию работы механизмов (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.

8. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации элементов на модели.

9. Ответить на контрольные вопросы:

– как устроен механизм наклона конвертера?

– каков принцип работы машины подачи кислорода?

– для чего предназначена машина отсечки шлака?

– в чём отличие конвертера с верхней продувкой от конвертера с комбинированной продувкой?

10. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Таблица «Механизмы конвертера и их функции»;

Протокол выполнения симуляции (последовательность действий и показания приборов);

Результаты тестирования

Критерии оценки

Оценка «отлично» – все режимы программы освоены, узлы тракта подачи и участка ферросплавов идентифицированы верно, тестирование пройдено без ошибок, протокол заполнен, вывод полный.

Оценка «хорошо» – допущены 1–2 ошибки при идентификации узлов или в последовательности операций, протокол заполнен не полностью.

Оценка «удовлетворительно» – программа освоена поверхностно, узлы идентифицированы не все, тестирование пройдено с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» – работа не выполнена.

Изучение устройства тракта подачи сыпучих материалов

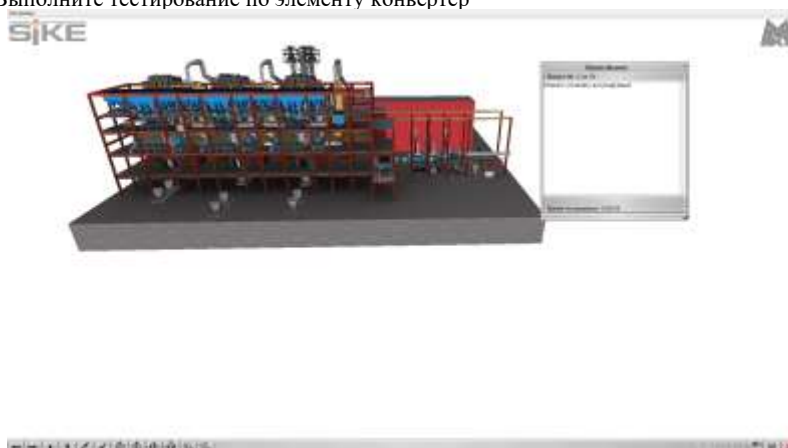
1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибутора ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов кислородного конвертера с верхней продувкой.



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу конвертер



Тема 3.1 Механическое оборудование конвертерных цехов
Лабораторное занятие №13. Изучение оборудования для ремонта конвертера и
оборудования для ломки и кладки футеровки. (мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить устройство, назначение и принцип работы оборудования для ремонта конвертера, включая оборудование для ломки (демонтажа) и кладки (монтажа) футеровки, с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Задание:

1. Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения ремонтного оборудования конвертера.
2. Изучить трёхмерную модель, рассмотреть:
 - футеровку конвертера с верхней продувкой (устройство, слои, материалы);
 - футеровку конвертера с комбинированной продувкой (особенности);
 - оборудование для ломки футеровки (пневматические отбойные молотки, механические рыхлители, краны-манипуляторы);
 - оборудование для кладки футеровки (краны, тележки, домкраты, механизмы для подачи и укладки огнеупорных изделий);
 - оборудование для горячего ремонта футеровки (торкрет-машины, установки для нанесения огнеупорных масс);
 - вспомогательное оборудование (леса, подъёмники, оснастка).
3. Для каждого вида оборудования ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).
4. Изучить технологическую последовательность ремонта конвертера: вывод из эксплуатации, охлаждение, ломка старой футеровки, очистка, кладка новой футеровки, сушка и разогрев.
5. Ознакомиться с виртуальным пультом управления ремонтным оборудованием (при наличии).
6. Выполнить симуляцию отдельных этапов ремонтных работ (по инструкции к тренажёру).
7. Зафиксировать параметры ремонтных работ (время, объёмы, материалы).
8. Выполнить тестирование по идентификации ремонтного оборудования на модели.
9. Составить краткое описание последовательности действий при ломке и кладке футеровки.
10. Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.
2. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый вид ремонтного оборудования, записывая его назначение.
3. Для каждого оборудования указать: название, расположение на схеме, функцию в процессе ремонта.
4. Изучить устройство футеровки конвертера: слои (рабочий, заполняющий, теплоизоляционный), материалы (периклазоуглеродистые изделия).
5. Изучить технологию ломки футеровки: механические и термические способы.
6. Изучить технологию кладки футеровки: способы укладки огнеупоров, разметка.
7. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте (при наличии).
8. Пошагово выполнить симуляцию ремонтных работ (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.
9. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации элементов на модели.
10. Ответить на контрольные вопросы:
 - из каких слоёв состоит футеровка конвертера?
 - какое оборудование используется для ломки футеровки?
 - какое оборудование используется для кладки футеровки?
 - что такое горячий ремонт футеровки?
 - какова последовательность операций при капитальном ремонте конвертера?
11. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Таблица «Оборудование конвертера и их функции»;

Протокол выполнения симуляции (последовательность действий и показания приборов);

Результаты тестирования

Критерии оценки

Оценка «отлично» – все режимы программы освоены, узлы тракта подачи и участка ферросплавов идентифицированы верно, тестирование пройдено без ошибок, протокол заполнен, вывод полный.

Оценка «хорошо» – допущены 1–2 ошибки при идентификации узлов или в последовательности операций, протокол заполнен не полностью.

Оценка «удовлетворительно» – программа освоена поверхностно, узлы идентифицированы не все, тестирование пройдено с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» – работа не выполнена.

Краткие теоретические сведения**Футеровка кислородного конвертера**

Футеровку кислородных конвертеров выполняют двухслойной из рабочего и арматурного слоев и реже — трехслойной, когда между ними имеется промежуточный слой из огнеупорной смолодоломитовой массы. На отечественных заводах в настоящее время применяют двухслойную футеровку (см. рис. 1). Прилегающий к кожуху слой называют арматурным; он снижает тепловые потери и защищает кожух в случае прогара рабочего слоя футеровки. Толщина арматурного слоя составляет 110—230 мм, обычно его выкладывают из хромитопериклазового или периклазового (магнезитового) кирпича в один ряд, а арматурный слой днища — в два и более рядов.

Рабочий слой толщиной 500—900 мм на отечественных заводах выполняют из безобжиговых и иногда других огнеупоров, применяя кирпичи больших размеров — блоки. На

конвертерах малой вместимости кладка может выполняться в один ряд (см. рис. 1,а), а на конвертерах большой вместимости — в два ряда с перевязкой этих рядов (рис. 1,б,в) . Футеровку рабочего слоя горловины зачастую выполняют комбинированной — низ из безобжиговых, а несколько верхних рядов из периклазо-хромитового или хромито-периклазового кирпича, поскольку последние обладают несколько более высокой прочностью при высоких температурах, чем безобжиговые огнеупоры, и лучше противостоят химико-эрозионному воздействию потока отходящих газов со взвешенными в нем частицами пыли. Для рабочего слоя летки применяют специальные леточные блоки из плавленного периклаза(МПЛК-93), имеющие сквозное круглое отверстие диаметром до 180 мм и иногда периклазо-хромитовые блоки.

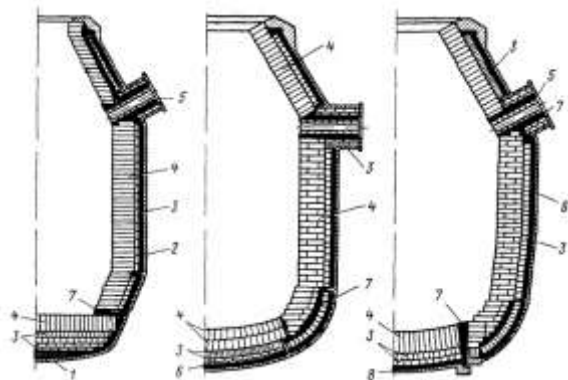


Рисунок 1 – Футеровка кислородных конвертеров 1- отъемное днище, 2- корпус конвертера, 3 — арматурный слой футеровки, 4 – рабочий слой футеровки, 5 – блоки из плавленного периклаза, 6 – предарматурный слой, 7 – огнеупорная масса, 8 – вставное днище

Кладка футеровки

При футеровке конвертеров с неотъемным днищем вначале выполняют кладку арматурного и рабочего слоев днища, затем цилиндрической части и далее горловины. Перед укладкой арматурного слоя для выравнивания внутренней поверхности корпуса на него наносят тонкий слой смолодоломитовой или смолотериклазовой массы (предарматурный слой).

Футеровку днищ глухондных конвертеров выполняют несколькими способами:

- два ряда хромито-периклазовых кирпичей, укладываемых на торец всухую и затем рабочий слой в один ряд из безобжиговых изделий, укладываемых на торец;
- два ряда шамотного кирпича на плашку всухую или на растворе, ряд периклазового кирпича на плашку и ряд этого же кирпича на торец, на растворе или всухую и затем рабочий слой из одного-двух рядов изделий, укладываемых на торец (рис. 1,б);
- один ряд на плашку и два ряда на торец из хромито-периклазового кирпича всухую и затем рабочий слой в один ряд из изделий, укладываемых на торец. Кирпичи в каждом ряду выкладывают вперевязку («паркетная перевязка») параллельно расположенными рядами (рис.2,а), либо крестообразно, с расположением рядов под прямым углом (рис. 2,б). Направление кладки кирпичей в последующем ряду смещают относительно предыдущего на 45° вокруг вертикальной оси.

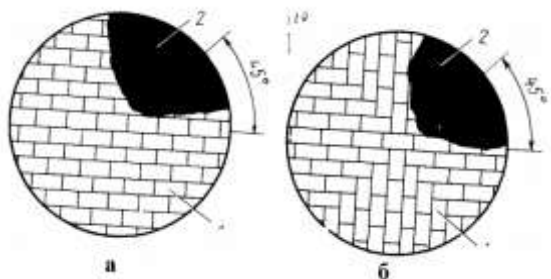


Рисунок 2 – Кладка параллельными рядами (а) и крестообразная (б) 1 — вышележащий слой, 2 — нижележащий слой кладки

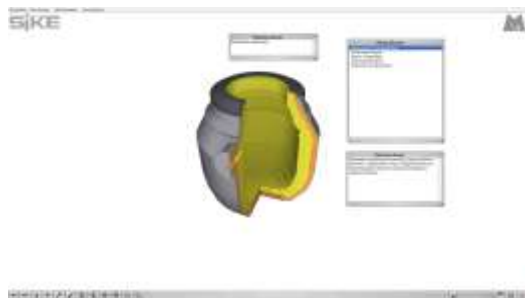
Кладку арматурного слоя цилиндрической части и горловины выполняют из хромито-периклазового или периклазового кирпича в один ряд в перевязку, так чтобы не совпадали вертикальные швы, обычно — всухую и реже — на растворе. Кладку арматурного слоя обычно ведут с опережением кладки рабочего слоя на два-три ряда.

Изучение устройства футеровки конвертера

1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибутора ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов кислородного конвертера с верхней продувкой.



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу конвертер



Тема 3.2 Механическое оборудование электросталеплавильных печей
Лабораторное занятие №14. Изучение механического состава оборудования свода печи
(мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить устройство, назначение и принцип работы механического оборудования свода дуговой сталеплавильной печи (ДСП) с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи»

Задание:

1. Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства свода ДСП.

2. Изучить трёхмерную модель свода печи, рассмотреть следующие элементы:

- огнеупорный свод (футеровка свода, материалы, конструкция);
- водоохлаждаемый свод (панели, система подвода и отвода воды);
- механизм подъёма свода (гидравлический или механический привод);
- механизм поворота свода (откат в сторону);
- система уплотнения свода (песочные затворы, лабиринтные уплотнения);
- электродные отверстия в своде (конструкция, уплотнения);
- крепёжные элементы (болты, анкера, подвески).

3. Для каждого элемента ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).

4. Изучить механическую схему подъёма и отката свода (гидроцилиндры, направляющие, фиксаторы).

5. Ознакомиться с виртуальным пультом управления механизмами свода.

6. Выполнить симуляцию подъёма и отката свода.

7. Зафиксировать параметры работы механизмов (время подъёма, давление в гидросистеме, угол поворота).

8. Выполнить тестирование по идентификации элементов свода на модели.

9. Составить краткое описание последовательности действий оператора при обслуживании свода.

10. Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.

2. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый узел свода, записывая его назначение.
3. Для каждого узла указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе, материал изготовления.
4. Изучить устройство футеровки свода: типы огнеупоров (магнетитохромитовые, периклазоуглеродистые), схему кладки.
5. Изучить устройство водоохлаждаемых панелей свода: конструкция, материал, система контроля температуры и расхода воды.
6. Изучить механизм подъёма свода: гидроцилиндры, рычажная система, синхронизация.
7. Изучить механизм поворота (отката) свода: направляющие, ролики, фиксаторы.
8. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.
9. Пошагово выполнить симуляцию подъёма и отката свода (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.
10. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации элементов на модели.
11. Ответить на контрольные вопросы:
 - из каких основных частей состоит свод ДСП?
 - в чём отличие водоохлаждаемого свода от огнеупорного?
 - как устроен механизм подъёма свода?
 - для чего нужен механизм поворота свода?
 - как контролируется состояние водоохлаждаемых панелей свода?
 - какие дефекты могут возникать в своде и как они выявляются?
12. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Таблица «Основные узлы свода ДСП и их функции»;

Протокол выполнения симуляции (последовательность действий и показания приборов);

Результаты тестирования

Критерии оценки

Оценка «отлично» – все режимы программы освоены, узлы тракта подачи и участка ферросплавов идентифицированы верно, тестирование пройдено без ошибок, протокол заполнен, вывод полный.

Оценка «хорошо» – допущены 1–2 ошибки при идентификации узлов или в последовательности операций, протокол заполнен не полностью.

Оценка «удовлетворительно» – программа освоена поверхностно, узлы идентифицированы не все, тестирование пройдено с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» – работа не выполнена.

Краткая теоретическая часть

Дуговая сталеплавильная печь – печь, в которой теплота электрической дуги используется для плавки стали. Ёмкость дуговых печей колеблется от 6 до 200 тонн. Эти печи служат в первую очередь для выплавки легированных и высококачественных сталей, которые затруднительно получать в конверторах и мартеновских печах. Одна из главных особенностей дуговой печи – возможность достижения в рабочем пространстве высокой температуры (до 2500 °С).

Основные преимущества дуговой сталеплавильной печи:

возможность регулирования окислительно-восстановительных свойств среды по ходу плавки, а также обеспечения в печи восстановительной атмосферы и безокислительных шлаков,

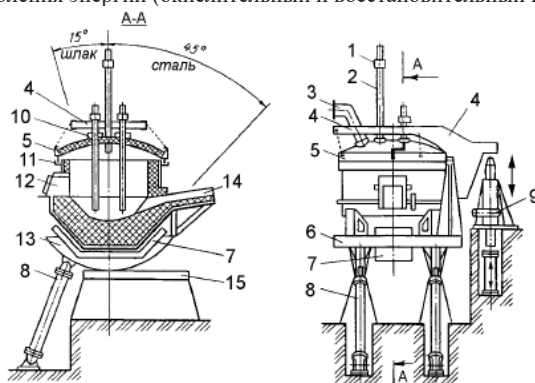
что предопределяет малый угар легирующих элементов (для справки: угар – потери металла в результате окисления при плавке или при нагреве);

- быстрый нагрев металла, связанный с вводом тепловой мощности в самом металле. Это позволяет вводить в печь большие количества легирующих элементов; плавная и точная регулировка температуры стали;

- более полное, чем в других печах, раскисление металла, получение его с низким содержанием неметаллических включений;

- получение стали с низким содержанием серы.

Одним из недостатков дуговой печи является необходимость обеспечения высокого качества шихтовых материалов, из которых 75-100 % составляет стальной лом. Лом должен иметь как можно меньше примесей цветных металлов, фосфора, ржавчины. Лом должен быть тяжеловесным для загрузки его в один приём, т.к. каждая загрузка лома значительно удлиняет плавку. Другой недостаток дуговой печи в непроизводительном использовании мощностей печи в периоды низкого потребления энергии (окислительный и восстановительный периоды).



1 – электрододержатели, 2 – электроды, 3 – газоотборный патрубок, 4 – полупортал для поддержки свода, 5 – сводовое кольцо, 6 – опорная конструкция (люлька), 7 – устройство для электромагнитного перемешивания, 8 – механизм наклона печи, 9 – механизм наклона и поворота свода, 10 – уплотнители, 11 – затвор, 12 – рабочее окно, 13 – опорные сегменты, 14 – сливной желоб, 15 – фундамент

Рисунок 1 – Устройство ДСП

Принцип работы ДСП следующий. Шихтовые материалы загружают на подину печи сверху в открываемое рабочее пространство с помощью бадьи (корзины) с открывающимся дном.

После этого свод печи надвигается на ванну, имеющую форму чаши. Электроды опускают через отверстия свода до возникновения короткого замыкания с шихтой и зажигают электрические дуги. Плавление и нагрев осуществляются за счёт теплоты электрических дуг, возникающих между электродами через жидкий металл или металлическую шихту. После расплавления шихты в печи образуется слой жидкого металла и шлака. Путём добавок в жидкую сталь раскислителей и легирующих добавок добиваются нужного состава стали. Готовую сталь и шлак выпускают через сливной желоб, наклоняя рабочее пространство. Рабочее окно, закрываемое заслонкой, предназначено для контроля за ходом плавки, ремонта пода, загрузки материалов и промежуточного выпуска шлака (в окислительный период). Температура жидкой стали при выпуске на 120-150 °С выше температуры ликвидус и составляет 1550-1650 °С.

По ходу плавки выделяют 4 периода:

1 – подготовка печи к плавке (20-40 минут). Исправление изношенных участков пода заправкой подины магнезитовым порошком, завалка шихты;

2 – период плавления (70-180 минут). Ввод максимальной электрической мощности. Нагрев и расплавление шихты; формирование шлака за счет окисления кремния, марганца, углерода и железа кислородом воздуха, окислы. Возможно использование газокислородных горелок, установленных в стенках или в своде, для ускорения расплавления твердой шихты. Возможна продувка жидкого металла кислородом для ускорения процесса плавления остатков нерасплавившейся шихты. Удаление основной массы фосфора из металла за счет наличия основного железистого шлака;

3 – окислительный период (30-90 минут). Слив основной массы шлака для удаления из печи фосфора; присадка шлакообразующих добавок (известь и др.); присадка руды для интенсивного окисления углерода, получения эффекта «кипения», во время которого происходит дефосфорация металла и удаление с пузырьками СО водорода и азота; периодический слив вспененного шлака; нагрев металла до температуры выпуска; полный слив окислительного шлака для исключения перехода фосфора из шлака в металл в восстановительный период;

4 – восстановительный период (40-120 минут). Присадка ферромарганца и феррохрома для доведения содержания марганца и хрома до требуемого для выплавляемой марки стали, а также ферросилиция и алюминия для раскисления металла (раскисление – удаление из жидкого металла кислорода путем присадки раскислителей: углерода, кремния, марганца); наводка высокоосновного шлака путем добавки извести, плавикового шпата и шамотного боя для ускорения раскисления и удаления серы из металла; раскисление молотым коксом; раскисление молотым ферросилицием в смеси с известью, плавиковым шпатом и коксом; по необходимости добавка сильных раскислителей: силикокальция и алюминия; легирование стали ферровольфрамом, феррованадием, ферросилицием, ферротитаном, алюминием и др.; выпуск стали вместе с шлаком для дополнительного перехода в шлак серы и неметаллических включений.

Основные параметры, которые лимитируют процесс плавки, это температура футеровки и полная электрическая мощность. Если температура низкая, то мощность поддерживают максимальной без опасности перегрева футеровки. Нежелательным является для футеровки превышение температуры 1500-1800 °С. Подину обычно выполняют из магнезитового кирпича, а стены и свод ванны – из магнезитохромитового кирпича. Стойкость футеровки стен и свода колеблется в пределах 75-250 плавов. Стойкость подины составляет 1500-5000 плавов при условии ее обновления после каждой плавки путём заправки магнезитовым порошком. Общая толщина подины на печах, работающих с электромагнитным перемешиванием, не должна превышать 800-900 мм.

Во время плавки из ДСП выделяется большое количество запылённых газов (особенно в окислительный период). Температура газов составляет 900-1400 °С. Среднее количество газов в окислительный период достигает 180-200 м³/(т·час). При мокрой очистке от пыли газ охлаждается и затем выбрасывается в атмосферу.

Стены основных дуговых печей выкладывают магнезитовым и хромомagneзитовым кирпичом (динасовый кирпич в основной печи под действием известковой пыли быстро ошлаковывается, поэтому такая кладка стен мало распространена). В стенах сверхмощных дуговых печей вместо огнеупорной кладки в верхней зоне используют водоохлаждаемые элементы в соответствии с определенными требованиями (толщина стенки элемента 14-20 мм; расход воды на охлаждение 6-9 м³ на 1 м² площади стенового элемента; исключение контакта элементов со шлаком и металлом; скорость истечения воды в элементах 2-6 м/с; шипы на поверхности должны предотвращать сползание огнеупорной подмазки и гарнисажа). Применение водоохлаждаемых элементов (панелей) приводит к некоторому увеличению расхода электроэнергии на плавку (до 10 кВт·ч/т, или до 2%), снижению расхода огнеупоров на 50% и повышению производительности дуговой печи до 25% .

Достаточно широкое применение получила кладка стен в запасных металлических каркасах. Кирпич в них укладывается плотно на огнеупорных растворах или бетонах соответствующих составов.

Кладку выпускного отверстия выполняют на растворе или хромобетоне. Для кладки столбиков используют хромомагнезитовый кирпич, а для арочки — периклазошпинелидный. Столбики рабочего окна выполняют из периклазошпинелидного кирпича. На некоторых печах сливное отверстие образовано толстостенной металлической трубой, при этом зазоры в футеровке заделывают огнеупорным бетоном.

Одновременно с кладкой стен изготавливают футеровку сливного желоба. Металлический кожух желоба выкладывают листовым асбестом. Кладку откоса, примыкающего к сливному отверстию, выполняют из магнезитового кирпича с напуском к желобу и обеспечивают его плотную стыковку с шамотным кирпичом, укладываемым в желоб на шамотном мертеле с толщиной швов <2 мм. Шамотную кладку желоба обмазывают с помощью мастерка массой из хромобетона, затворенного раствором сернокислого магния плотностью 1,2—1,24 г/см³ до консистенции полусухой массы. Кладку желоба тщательно просушивают газовой горелкой до полного удаления влаги.

Для слива металла из печи в ковш без шлака применяют закрытые желоба чайникового типа и эркерный.

После завершения кирпичной кладки приступают к изготовлению рабочего набивного слоя подины. Его выполняют: 1) из магнезитового порошка на обезвоженной смоле (89% магнезита, 10% каменноугольной смолы и 1% пека); 2) жидком стекле и 3) всухую. Перед набивкой на смоле кладку подины нагревают до 60-80 °С, а магнезитовый порошок — до 100 °С. Смесь задают в печь и набивают пневматическими трамбовками слоями по 30-40 мм. Этот способ изготовления рабочего слоя подины является весьма трудоемким, так как сопровождается выделением вредных газов.

На большинстве печей набивку рабочего слоя подины осуществляют всухую магнезитовым порошком, содержащим 65-75% зерен размером 0,1-4 мм, 25-35% зерен <0,1 мм и 15% частиц размером <0,06 мм. Перед набивкой кладку подины тщательно очищают, измеряют глубину ванны на уровне порога завалочного окна и дна выпускного отверстия (должна быть не менее 1300 мм).

Откосы набивают одновременно с подиной, при этом для уменьшения сползания на подину набивную массу увлажняют. Толщина набивного слоя подины должна быть >200 мм при глубине ванны >1100 мм. Плотность набивки проверяют металлическим стержнем 4-5м.

После набивки подину закрывают листовым железом толщиной 3—5 мм. Для предупреждения повреждения подины при завалке расстояние между завалочной корзиной и подиной не должно быть более 0,5 м.

Для сокращения простоев печей по причине ремонта кладку и набивку футеровки подины дуговых печей выполняют заранее в запасном каркасе, при этом расход котельного железа на изготовление дополнительного кожуха печи окупается экономией, полученной от сокращения продолжительности ремонта.

Свод дуговой печи имеет повышенный износ по сравнению с другими частями футеровки. В большей степени (в 2-3 раза) изнашивается центральная часть свода, главным образом, вблизи электродов. Существенное повышение стойкости футеровки сводов достигнуто за счет использования в кладке водоохлаждаемых элементов.

Для футеровки сводов наиболее широко применяют магнезитохромитовый кирпич и значительно реже — динасовый. На ряде зарубежных заводов используют высокоглиноземистый кирпич. Свод набивают на куполообразном металлическом шаблоне, с определенной стрелой подъема. Величина выпуклости кладки свода зависит от материала футеровки. Отношение высоты выпуклости (стрелы подъема) к диаметру свода составляет для динаса 1:12, для магнезитохромита 1:10. Шаблон имеет углубления для электродных отверстий в кладке и фиксаторы для точной установки каркаса свода. При правильном размещении каркаса на шаблоне и соответствии отверстий в кладке свода расположению электродов, кислородной фурмы и газоотсоса на печи получают существенную экономию времени на замену свода с изношенной футеровкой и, кроме того, увеличение срока службы нового свода.

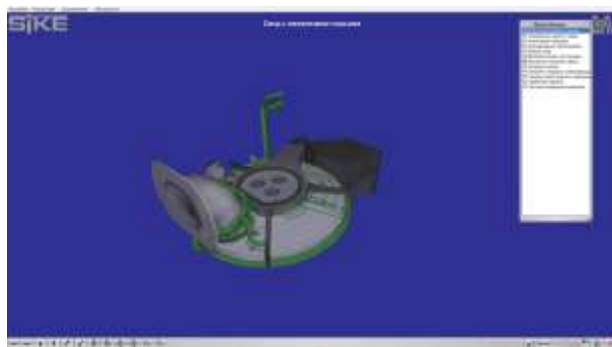
В зависимости от емкости печи, условий службы и особенностей износа огнеупорной футеровки сводов применяют четыре способа кладки: арочную, секторно-арочную, секторную и комбинированную (кольцевая по периферии и секторная в центре). Арочную кладку применяют на печах малой емкости. Наиболее распространенной является секторно-арочная кладка. Ее выполняют фасонным кирпичом. В начале через середину свода, обычно на ширину двух кирпичей, выкладывают массивную арку, к которой под прямым углом подводят другую арку. Секторы между арками заполняют кирпичом в определенной последовательности.

Изучение устройство механического состава оборудования свода печи

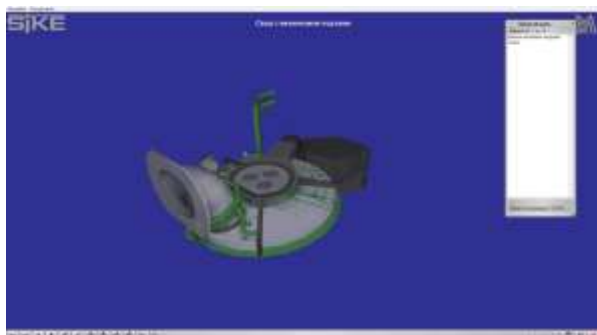
1 Зайти в программу «Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов ДСП-180



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу свод с механизмом подъема



Тема 3.2 Механическое оборудование электросталеплавильных печей
Лабораторное занятие №15. Изучение особенностей работы и режимы нагрузки приводов механизмов электропечей.

Цель работы: Имеется мультимедийная обучающая система SIKE для изучения ДСП. Необходимо изучить приводы механизмов электропечей и их режимы нагрузки.

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.1.1 проверять работоспособность средств механизации, специальной оснастки, инструмента и приспособлений, применяемых при технологических операциях

У 2.1.2 подбирать и комплектовать инструменты и оснастку, необходимые в технологических операциях

У 2.1.3 производить комплекс регламентных работ по подготовке к ремонтам, остановке, приемке, наладке и пуску оборудования участка выплавки, внепечной обработки и разливки после ремонта

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Мультимедийный тренажер Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи»

Задание:

1. Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения приводов механизмов ДСП.
2. Изучить трёхмерную модель, рассмотреть следующие приводы:
 - привод механизма перемещения электродов (электродвигатель, редуктор, лебёдка, канатно-барabanная система или гидроцилиндры);
 - привод механизма наклона печи (гидравлический привод, насосная станция, гидроцилиндры, система управления);
 - привод механизма подъёма и поворота свода (гидроцилиндры, насосная станция);
 - привод механизма загрузки шихты (завалочная машина — электродвигатели, гидроприводы).
3. Для каждого привода ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).
4. Изучить особенности работы каждого привода:
 - пусковой режим (пусковые токи, время разгона);
 - рабочий режим (номинальная нагрузка, скорость, усилие);
 - аварийный режим (перегрузки, остановки, блокировки).
5. Изучить систему контроля и управления приводами (датчики, предохранительные клапаны, системы блокировок).
6. Ознакомиться с виртуальным пультом управления приводами.
7. Выполнить симуляцию работы приводов в различных режимах.
8. Зафиксировать параметры работы приводов (ток, давление, скорость, усилие) в разных режимах.
9. Выполнить тестирование по идентификации приводов на модели.
10. Составить краткое описание последовательности действий оператора при управлении приводами.
11. Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.
2. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый привод механизма ДСП, записывая его назначение, тип, основные технические характеристики.
3. Для каждого привода указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе, тип привода (электрический/гидравлический), номинальные параметры.
4. Изучить принцип работы привода перемещения электродов: электродвигатель → редуктор → лебёдка → канаты → электрододержатель (или гидроцилиндры).
5. Изучить принцип работы привода наклона печи: гидронасос → гидрораспределитель → гидроцилиндры → наклон печи.
6. Изучить систему блокировок: наклон печи возможен только при поднятых электродах, подъём свода — только при отключённой печи.
7. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.
8. Пошагово выполнить симуляцию работы приводов в различных режимах (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.
9. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации приводов на модели.
10. Ответить на контрольные вопросы:
 - какие типы приводов используются в ДСП?
 - как устроен привод перемещения электродов?
 - как устроен привод наклона печи?
 - какие режимы нагрузки характерны для приводов ДСП?
 - как осуществляется защита приводов от перегрузок?
 - какие системы блокировок предусмотрены для безопасной работы?
11. Оформить отчёт.

Форма представления результата:

Таблица «Приводы механизмов ДСП и их характеристики»;

Протокол выполнения симуляции (последовательность действий и показания приборов);

Результаты тестирования

Критерии оценки

Оценка «отлично» – все режимы программы освоены, узлы тракта подачи и участка ферросплавов идентифицированы верно, тестирование пройдено без ошибок, протокол заполнен, вывод полный.

Оценка «хорошо» – допущены 1–2 ошибки при идентификации узлов или в последовательности операций, протокол заполнен не полностью.

Оценка «удовлетворительно» – программа освоена поверхностно, узлы идентифицированы не все, тестирование пройдено с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» – работа не выполнена.

Краткие теоретические сведения

Конструкции механизмов вращения ванны, подъема и поворота свода с их опорой на люльку

Большая часть строившихся в последние десятилетия отечественных печей этого типа схожи с устройством 100-т печи, схематически показанной на рисунке 1. Корпус печи (на рисунке не показан) опирается на люльку 8 через четыре опорных тумбы 9. Свод 12 подвешен к полупорталу, состоящему из двух Г-образных стоек 14 с помощью цепей 11, перекинутых через ролики 13. Концы цепей соединены приводом 7 (электродвигатель и червячный редуктор с тяговым винтом),

который перемещает цепи, обеспечивая подъем и опускание свода. Два привода 7 соединены синхронизирующим валом 15.

Полупортал закреплен на литой стальной поворотной плите 1, которая одним концом насажена на поворотный вал 4 диаметром 750 мм. Вал закреплен в люльке, опираясь на подпятник 5 и верхний 6 и нижний роликовые подшипники. Вращение вала осуществляет электродвигатель с редуктором 2 через коническую шестерню, входящую в зацепление с коническим зубчатым сектором 3, закрепленным на валу 4.

При открывании печи для загрузки включают привод 7, приподнимая свод на 150-300 мм, и поднимают электроды, выводя их из рабочего пространства. Далее включают привод 2, поворачивая вал 4 на угол в 80°; вместе с валом вокруг его оси поворачивается плита 1 и закрепленные на ней портал, свод и электроды, открывая рабочее пространство сверху.

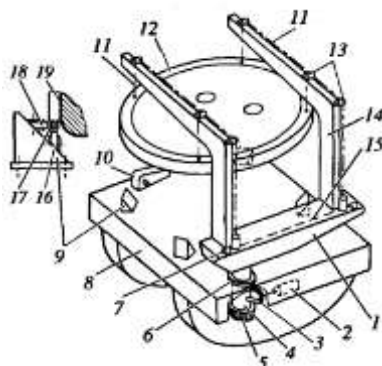


Рисунок 1 — Механическое оборудование печи с опорой механизмов подъёма — поворота свода на люльку

Механизм вращения ванны предназначен для поворота печи вокруг вертикальной оси на 40° в одну и другую сторону относительно нормального положения. Это позволяет во время плавления при трех положениях кожуха проплавливать в шихте девять «колодцев» что сокращает время расплавления шихты. Возможность вращения обеспечивается благодаря тому, что корпус 19 печи посредством прикрепленного к нему кольцевого рельса 17 опирается на ролики 16 опорных тумб 9. Один или два механизма вращения 10 установлены на люльке; каждый из них состоит из электродвигателя с редуктором, выходной вал которого входит в зацепление с закрепленным на корпусе печи зубчатым сектором, благодаря чему вращение вала вызывает поворот корпуса. При включении механизма 10 и вращении корпуса кольцевой рельс 17 катится по роликам 16, а ролики 18 предотвращают боковое смещение корпуса. На высокомошных печах в таком механизме нет необходимости, поскольку в процессе расплавления вокруг трех электродов образуется общая плавильная зона или колодец, а не три отдельных проплавливаемых колодца, характерных для невысокомошных печей.

Конструкция печи с опорой механизмов подъема и поворота свода на отдельный фундамент

Печи с опорой механизма поворота на отдельный фундамент эксплуатируются уже много лет. Имеется несколько их разновидностей. Современный вариант устройства рассмотрим на примере отечественной высокомошной печи (ДСП-100И6). Корпус печи жестко закреплен на люльке 1 (рисунок 2). Он включает нижнюю часть 2 (опору ванны) из стального листа, стеновой каркас 3 из труб со стеновыми панелями 4 и рабочим окном 5. Водоохлаждаемый свод 6 с помощью четырех гибких тяг 7 подвешен к двум консолям 8, которые объединены в общую жесткую конструкцию с порталом 13 и шахтой 18. В нижнем положении портал опирается на

люльку через закрепленные на ней две тумбы 14, а свод 6 — на корпус печи. В шахте 18 размещены три гидроцилиндра, которые перемещают телескопические стойки 12 электродержателей. Электроды в электродержателе зажимают с помощью хомута 9 и пружинно-гидравлического механизма 10; ток от гибких кабелей 11а к электрододержателям подводят водоохлаждаемыми медными трубами 11.

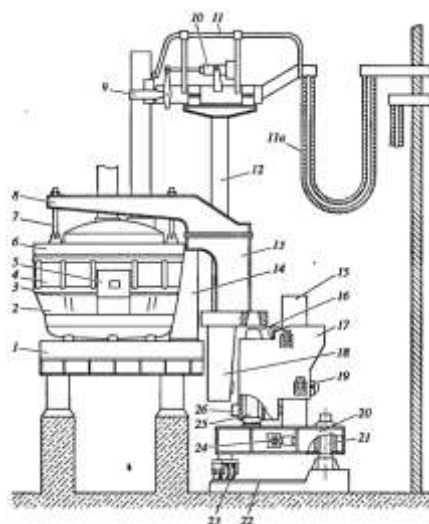


Рисунок 2 — Печь с опорой механизмов подъёма — поворота свода на отдельный фундамент

Механизм отворота свода с электродами расположен на отдельном фундаменте и включает поворотную платформу 20 с закрепленными на ней двумя направляющими колоннами 15 и перемещаемую по ним вверх-вниз с помощью системы роликов 19 каретку 17. При открывании рабочего пространства печи вначале из него выводят электроды путем подъема стоек 12. Одновременно с помощью двух гидроцилиндров 25 перемещают каретку 17 вверх; при этом конический хвостовик 16 каретки входит в соответствующее отверстие портала, а выступ 26 входит в зацепление с шахтой. Движущаяся вверх каретка поднимает портал, консоли и шахту и закрепленные на них свод и электроды. После подъема свода на 200-300мм каретку 17 останавливают и с помощью гидроцилиндра 24 начинают поворот платформы 20 вокруг опорного вала 21; опорные ролики 23 платформы при этом движутся по дугообразным рельсам 22. Вместе с платформой вокруг оси 21 поворачивается все приподнятое кареткой оборудование, включая свод и электроды; поворот ведут до полного открывания рабочего пространства печи.

Эта печь, как и все новые высокомошные, имеет гидравлические приводы основных печных механизмов, которые являются более быстродействующими, чем электромеханические.

Конструкции механизмов для зажима и перемещения электродов

Каждый из трех электродов имеет свой независимый механизм зажима и перемещения. Механизм состоит из электрододержателя и устройств, обеспечивающих перемещение его с электродом в вертикальном направлении. Применяются механизмы перемещения электродов с кареткой, передвигающейся по неподвижной стойке и с подвижной телескопической стойкой электрододержателя.

В зависимости от типа привода различают механизмы с гидравлическим приводом и электромеханическим, последний может быть реечным или канатным. На рисунок 6 показаны конструктивные схемы механизмов перемещения электродов.

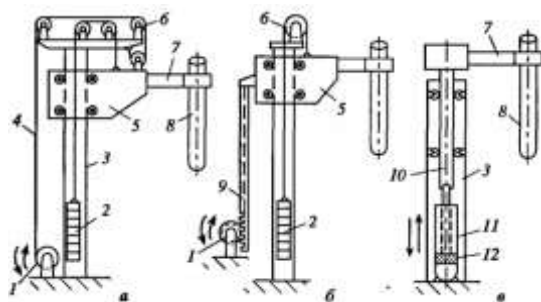


Рисунок 3 — Схема механизмов перемещения электродов а — с электромеханическим канатным приводом; б — с электромеханическим реечным приводом; в — с подвижной стойкой и гидравлическим приводом

В первой схеме (рисунок 6, а) по неподвижной вертикальной стойке 3 перемещается каретка 5, к которой крепится рукав 7 электрододержателя с электродом 8. Передача движения от привода 1 (барабанная лебедка) к каретке осуществляется канатом 4, перекинутым через ролики 6, противовес 2 частично уравнивает каретку.

В механизме рисунок 3, б, каретка с электрододержателем и электродом перемещается по неподвижной стойке с помощью рейки 9, приводимой в движение приводом 1 (электродвигатель и редуктор реечной передачи). Здесь также предусмотрен противовес 2, частично уравнивающий каретку через блок 6.

В механизме рисунок 6, в, рукав 7 электрододержателя жестко закреплен на подвижной вертикальной стойке 10, перемещаемой внутри полый неподвижной стойки 3 гидроцилиндром 11 (в результате движения поршня 12).

Электрододержатель служит для зажима и удержания электрода в заданном положении и для подвода к нему тока. Он состоит из рукава и закрепленных на нем головки зажимного механизма и токоподвода. Наибольшее применение получили электрододержатели с пружинно-пневматическим механизмом зажима электрода. Конструктивное исполнение электрододержателей отличается многообразием, но в зависимости от способа зажима электрода в головке их можно свести к двум разновидностям.

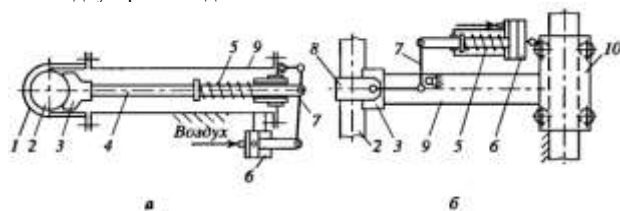


Рисунок 4 — Схема электрододержателей

В одной (рисунок 4, а) головка выполнена в виде кольца или полукольца 1 и подвижной нажимной колодки 3. Электрод 2 в рабочем положении зажат в кольце колодкой за счет усилия

пружины 5, установленной на штоке 4- Если нужно освободить электрод, то в пневмоцилиндр 6 подают воздух, поршень и рычажный механизм 7 сжимают пружину, перемещают колодку вправо, освобождая электрод.

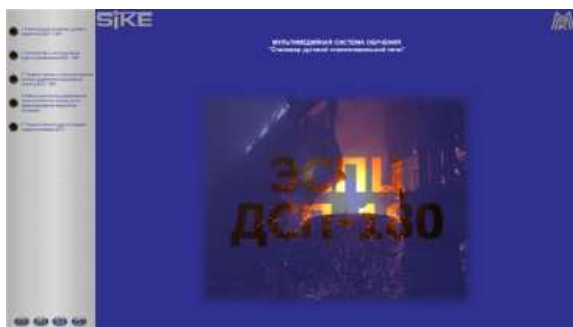
Во второй разновидности (рисунок 4, б) головка состоит из неподвижной колодки 3, закрепленной на рукаве 9, и хомута 8, охватывающего электрод 2. Электрод прижат к токоведущей колодке с помощью хомута за счет усилия пружины 5 передаваемого рычажной системой 7. При подаче воздуха в пневмоцилиндр 6 хомут смещается влево, освобождая электрод.

Головка электрически изолирована от рукава 9, на средних и крупных печах элементы головки охлаждают водой. Рукав делают из толстостенной трубы или сварной коробчатой балки. Ток к головке подают с помощью шин или медных водоохлаждаемых труб, закрепленных на изоляторах сверху рукава.

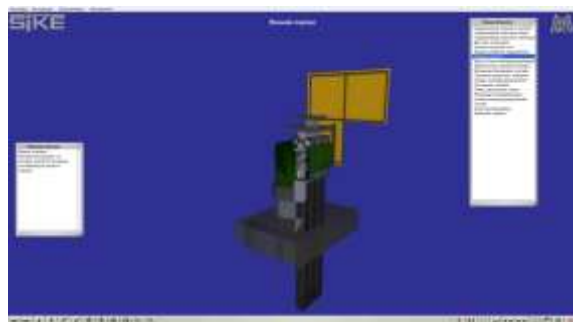
На новых высокоомощных печах вместо пружинно-пневматических устанавливают схожие с ними пружинно-гидравлические механизмы зажима электродов.

Изучение устройство механического состава оборудования свода печи

1 Зайти в программу «Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов ДСП-180



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу печной портал



Тема 3.3 Механическое оборудование выпечной обработки стали
Лабораторное занятие №16. Осуществление обработки стали в установке «Печь-ковш»
(мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Освоить технологический процесс выпечной обработки стали на агрегате «печь-ковш» (АПК) с использованием тренажёра-имитатора SIKE. Сталевар агрегата печь-ковш, сформировать навыки доводки металла до заданных параметров

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.3.2 отбирать представительные пробы поступающих на шихтовку исходных материалов и готовой шихты ферросплавного и сталеплавильного производства

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Тренажер. Сталевар АПК

Задание:

1. Ознакомиться с теоретическим разделом тренажёра, освещающим основные этапы выпечной обработки стали на АПК.

2. Ознакомиться с трёхмерной моделью агрегата «печь-ковш»: рассмотреть основные узлы — ковш, крышка-свод, электроды, система продувки аргоном, система подачи ферросплавов и флюсов.

3. Рассчитать необходимое количество ферросплавов и корректирующих добавок для доводки стали до заданной марки.

4. Выполнить операции по обработке стали:

- установка ковша под свод АПК;
- включение нагрева (электроды);
- продувка аргоном через донную фурму;
- ввод ферросплавов и флюсов (дозировка);
- корректировка температуры;
- отключение и вывод ковша.

В процессе обработки контролировать:

- температуру металла;
- химический состав (отбор проб);
- давление аргона;
- электрический режим (ток, напряжение).

5. Определить момент окончания обработки (по достижении заданного состава и температуры).

6. Заполнить протокол обработки с указанием всех параметров.

7. Проанализировать результаты — соответствует ли полученная сталь заданной марке.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретический материал по внепечной обработке стали на агрегате «печь-ковш» (встроенный видео-курс тренажёра и технологическая инструкция).
2. Запустить тренажёр SIKE в режиме обучения, изучить устройство АПК: ковш, свод, электродная система, система продувки аргоном, система подачи ферросплавов.
3. Получить от преподавателя исходные данные для обработки (марка стали, исходный состав, температура).
4. В режиме «Обучение» (с подсказками) или «Практикум» (самостоятельно) выполнить все этапы обработки.
5. Фиксировать показания приборов на каждом этапе (температура, давление аргона, ток, напряжение).
6. При достижении заданных параметров завершить обработку и произвести выпуск.
7. Сравнить полученный состав стали с заданным. Если есть отклонения — определить их причины.
8. Заполнить протокол обработки.
9. Сделать вывод о качестве проведённой обработки.

Форма представления результата:

Результат тестирования в мультимедийная программа SIKE «АПК»

Критерии оценки:

- «Отлично» - работа выполнена точно в срок и в соответствии с требованиями, ошибок нет.
- «Хорошо» - допускаются небольшие неточности или некоторые ошибки в работе.
- «Удовлетворительно» - в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы, допущено ошибок более 50% от работы.
- «Неудовлетворительно» - работа полностью не соответствует требованиям, все задания выполнены не верно.

Краткие теоретические сведения:

1. НАЗНАЧЕНИЕ УСТАНОВКИ КОВШ - ПЕЧЬ

1.1. Установка ковш - печь (УКП) предназначена для обработки жидкой стали в сталеразливочном ковше как с использованием комбинированной установки вакуумирования стали (КУВС), так и без нее.

1.2. На установке осуществляются следующие технологические операции:

- нагрев металла электрической дугой;
- продувка металла аргоном для усреднения химического состава металла и его температуры по объёму сталеразливочного ковша;
- коррекция химического состава металла;
- десульфурация металла белым основным шлаком;
- измерение температуры и отбор проб металла и шлака;
- микролегирование или получение металла с узкими пределами содержания элементов путем ввода порошковой проволоки с различными видами наполнителей;

1.3. Контроль за процессом ковшевой обработки производится путем замера температуры, отбора проб металла, измерения расхода и давления аргона для продувки, измерения веса добавок, присаживаемых в ковш, измерения тока и напряжения дуги и других электрических параметров, а также измерения вспомогательных параметров (температура и давление охлаждающей воды, отходящих газов и т. п.).

1.4. Установка ковш- печь включает в себя следующие группы оборудования, узлов и систем:

- каркас установки со встроенными помещениями поста управления, трансформатора;
- система хранения, дозирования и механизированной подачи сыпучих (ферросплавов, скрап-сечки, шлакообразующих материалов и гранулированного шлака);
- тракт подачи сыпучих;
- машина подачи алюминиевой проволоки и порошковой проволоки с различными видами наполнителей;
- двух водоохлаждаемых крышек сводов;
- механизмы подъема водоохлаждаемых крышек (порталов сводов);
- один поворотный электродный портал с графитовыми электродами;
- трансформатор;
- система высокого тока (для передачи электроэнергии от трансформатора к электродам);
- устройство для донной продувки;
- аварийная верхняя фурма;
- манипулятор для измерения температуры и отбора проб металла;
- стенд свинчивания электродов.

1.5. В зависимости от требований к химическому составу сталей и другим характеристикам могут использоваться следующие схемы выпечной обработки сталей:

А. – конвертер – КУВС – У КП – МНЛЗ – для низкоуглеродистых сталей.

Б.– конвертер – У КП – КУВС – МНЛЗ – для сталей с повышенными требованиями по содержанию газов и т. д.

В. – конвертер – У КП – МНЛЗ – для остальных марок сталей.

2. ПОДГОТОВКА УСТАНОВКИ КОВШ - ПЕЧЬ К РАБОТЕ

Перед обработкой металла на установке необходимо обеспечить:

- 2.1. Заполнение бункеров необходимыми материалами, соответствующим требованиям настоящей инструкции.
- 2.2. Наличие алюминиевой катанки на трайбаппарате.
- 2.3. Наличие средств отбора проб металла и измерения температуры и окисленности.
- 2.4. Подачу газов необходимого давления.
- 2.5. Подачу воды на охлаждение элементов установки.
- 2.6. Исправность работы систем продувки металла аргоном.
- 2.7. Исправность работы газового тракта.
- 2.8. Исправность работы всех механизмов, систем контроля, управления, сигнализации и блокировки.
- 2.9. Исправность работы пневмопочты.
- 2.10. Проверить длину электродов, по необходимости их нарастить.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА НА УСТАНОВКЕ КОВШ- ПЕЧЬ

3.1. Обработка стали по схеме: конвертер – установка ковш – печь – МНЛЗ.

3.1.1. Плавки, предназначенные для обработки на установке печь – ковш, сливаются в сталеразливочный ковш, специально оборудованный для донной продувки. Ковш должен иметь исправную сухую футеровку. Верхний край ковша должен быть чистым.

3.1.2. Раскисление, легирование и обработка металла ТШС во время выпуска плавки из конвертера производится согласно технологической инструкции ТИ . Легирующие присаживаются из расчета получения содержания Si, Mn, Al на нижнем пределе.

3.1.3. Исключить попадание конвертерного шлака в сталеразливочный ковш во время выпуска плавки из конвертера.

3.1.4. Уровень металла в ковше должен быть не менее ----- мм от верхней кромки ковша.

3.1.5. Перед выпуском металла из конвертера начинают продувку аргоном через пористые пробки в днище ковша. Продувку металла аргоном осуществляют в соответствии с временной технологической инструкцией ВТИ

3.1.6. Поступивший из конвертерного отделения сталеразливочный ковш устанавливается на сталеvoz установки печь – ковш. К ковшу подсоединяется аргонный шланг, включается подача аргона в количестве 15-30 м³/мин.

3.1.7. Сталеvoz передвигается под крышку установки, после чего крышка опускается. Через рабочее окно производится корректировка интенсивности продувки. Перемешивание аргоном должно обеспечивать минимальное оголение металла.

3.1.8. Электродный портал поворачивается в исходную позицию и производится включение установки на 5 минут на средней ступени напряжения.

3.1.9. Не ранее чем через одну минуту после отключения нагрева производится замер температуры металла и отбор пробы шлака. Проба шлака берется с помощью металлической трубки/стержня через рабочую дверцу, охлаждается и анализируется по цвету и поверхности и отправляется в экспресс - лабораторию. Цвет шлака меняется по степени раскисленности (содержанию FeO) от черного к белому. Появление белого шлака в ковше означает, что шлак нормально подготовлен для проведения процесса десульфурации стали. Ориентировочный визуальный анализ состава шлака представлен в приложении 1.

Для обеспечения наилучшего результата десульфурации стали в ковше содержание в шлаке FeO + MnO должно быть менее 2%. Оптимальный состав ковшевых шлаков представлен в приложении 2.

3.1.10. Через 3 минуты перемешивания металла аргоном отбирается проба металла и отправляется в экспресс – лабораторию.

3.1.11. После расплавления шлака в процессе нагрева жидкий шлак раскислить присадкой 50 – 100 кг дробы алюминия (уточняется в процессе исследований), затем присаживается известь и плавленый шпат в соотношении 4:1. Известь вводится порциями не более 0,4 кг/т за раз, при необходимости по визуальной оценке состава шлака, добавляется песок порцией не более 0,1 кг/т.

3.1.12. После получения результатов химического анализа производится корректировка химического состава металла добавлением необходимого количества раскислителей и легирующих материалов из расчета получения среднего содержания элементов. Затем металл перемешивается аргоном не менее 5 минут. Для интенсификации процесса шлакообразования и растворения ферросплавов расход аргона разрешается увеличить до 30-50 м³/мин. Присадку материалов рекомендуется производить порциями с интервалом 1 – 3 минуты вблизи зоны продувки.

3.1.13. По окончании нагрева не ранее чем через 5 минут продувки после присадки ферросплавов измерить температуру металла и отобрать пробы металла и шлака. До получения результатов экспресс – анализа производить перемешивание металла аргоном с интенсивностью 10-20 м³/ч.

3.1.14. При получении результатов химического анализа по необходимости произвести дополнительную корректировку химического состава в соответствии с п. 3.1.12.

3.1.15. Легкоокисляющиеся элементы вводятся в ковш только по окончании последнего цикла нагрева.

В трубные марки стали, если это предусмотрено, вводят трайб – аппаратом порошковую SiCa или AlCa проволоку без продувки аргоном для достижения максимально высокого усвоения. Если наблюдается белое пламя над шлаком, то необходимо увеличить скорость ввода порошковой проволоки.

3.1.16. Если температура металла ниже заказанной для МНЛЗ, то произвести дополнительный нагрев.

3.1.17. Производится замер температуры и отбор пробы металла. После достижения необходимого химического состава и заданной температуры электродный портал разрешается повернуть в другую сторону. Крышка установки поднимается, ковш выдвигается из – под установки, отсоединяется аргонный шланг и далее ковш передается на МНЛЗ.

3.2. Обработка стали по схеме: конвертер – установка вакуумирования - установка печь – ковш – МНЛЗ.

3.2.1. По этой схеме выплавляются стали с содержанием углерода до 0,02 – 0,03%. Перед передачей плавки на установку печь – ковш металл подвергается обработке на комбинированной установке вакуумирования стали в соответствии с технологической инструкцией ТИ 101-СТ-ККЦ-71-95.

3.2.2. После окончания вакуумной обработки ковш передают на печь – ковш и проводят выпечную обработку как указано в разделе 3.1.

3.2.3. При обработке низкоуглеродистых сталей следует учитывать науглероживание металла от электродов. Расход электродов при нагреве составляет до -----кг/т и около -----% этого количества графита растворяется в металле.

3.3. Обработка стали по схеме: конвертер – установка печь – ковш – установка вакуумирования – МНЛЗ производится при необходимости вакуумной обработки раскисленного металла с целью дегазации и удаления неметаллических включений.

При этом обработка плавки на печи – ковше производится согласно разделу 3.1. данной инструкции, затем металл обрабатывается на КУВС в соответствии с ТИ

3.4. Доводка плавки аварийной верхней фурмой.

При невозможности продувки металла аргонном через донные фурмы необходимо:

3.4.1. Проверить все соединения трубопроводов, по которым подается аргон. При наличии утечек аргона их устранить.

3.4.2. Дать максимальный расход аргона через "байпас". Если "раздутия" пробки не произошло, то необходимо продувку производить аварийной верхней фурмой.

3.4.3. Продувка металла аргонном аварийной фурмой должна производиться при поднятых электродах. Фурму установить в исходное положение над металлом, затем устанавливается расход аргона в количестве 25 – 40 м³/ч, после чего фурма опускается на глубину около 4-х метров и произвести продувку металла в течение 3 – 4 минут. Разрешается продувать металл при неполном погружении фурмы при присадке кокса и чушкового алюминия.

3.4.4. По окончании продувки фурму поднять и произвести замер температуры и отбор пробы металла и шлака. Пробы отправляются в экспресс – лабораторию. (Проба шлака визуально оценивается).

3.4.5. После отбора проб и замера температуры опускаются электроды, и в течение 4 – 6 минут производится нагрев металла, и ввод в необходимом количестве шлакообразующих материалов с обязательным контролем температуры воды на водоохлаждаемые элементы свода. При перегреве воды на водоохлаждаемые элементы свода больше ---- °С нагрев металла прекратить.

3.4.6. После подогрева электроды поднимаются, и снова в течение 2 – 4 минут производится продувка аргонном, затем производится замер температуры.

3.4.7. После получения результатов экспресс – анализа в металл вводятся в необходимом количестве ферросплавы.

3.4.8. При необходимости повторного нагрева металла обе операции (нагрев и усреднительная продувка) повторяются до достижения необходимой температуры металла.

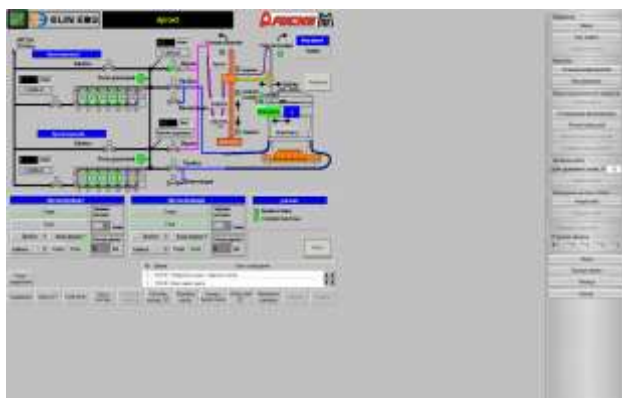
3.4.9. При отгорании части аварийной фурмы длиной около 500 – 600 мм, фурму необходимо заменить.

Осуществление обработки стали в установке «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE)

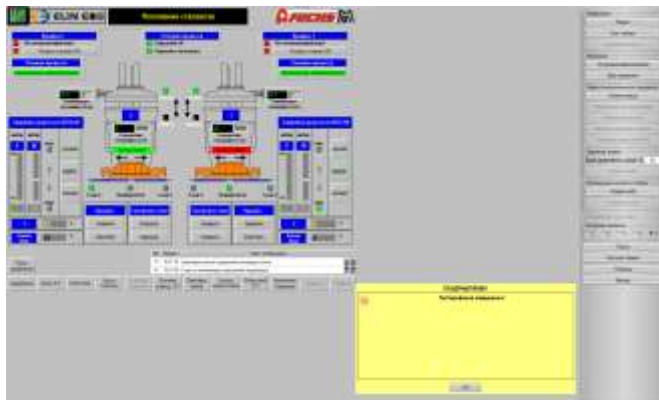
1 Зайти в программу «Sike «АПК» в раздел 4. Теоретические и технологические основы управления выплавки стали в установке «Печь-ковш».



2. Ознакомится с работой по осуществлению обработки стали в установке «Печь-ковш» (мультимедийная программа SIKE), используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по осуществлению обработки стали в установке «Печь-ковш»



Тема 3.4 Механическое оборудование для разлива стали
Лабораторное занятие №17. Изучение оборудования непрерывной разливки стали.
(мультимедийная программа SIKE)

Цель работы: Изучить устройство, назначение и принцип работы оборудования машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) с использованием мультимедийной обучающей программы SIKE

Выполнив работу, Вы будете:

У 2.2.2 выбирать наиболее эффективный вариант решения поставленных задач с учетом возможностей, ресурсов, рисков с целью достижения лучших результатов в производственной деятельности

У 2.3.2 отбирать представительные пробы поступающих на шихтовку исходных материалов и готовой шихты ферросплавного и сталеплавильного производства

У 2.4.1 работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;

У 2.4.2 находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

У 2.5.1 анализировать и оценивать качество полупродуктов и готового продукта

У 2.5.2 анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Материальное обеспечение:

Лекции, рабочая тетрадь, ПК, Тренажер. Мультимедийный тренажер Sike «Разливщик стали МНЛЗ ККЦ»

Задание:

1. Запустить программу SIKE, выбрать режим «Обучение» для изучения устройства МНЛЗ.
2. Изучить трёхмерную модель МНЛЗ, рассмотреть следующие основные узлы:
 - сталеразливочный ковш (промковш);
 - промежуточный ковш;
 - кристаллизатор (медная водоохлаждаемая форма);
 - механизм качания кристаллизатора;
 - зона вторичного охлаждения (ролики, форсунки);
 - тянуще-правильный агрегат;
 - машина газовой резки (или ножницы);
 - рольганги и системы транспортировки заготовок;
 - система подачи смазки и защитных флюсов.
3. Для каждого узла ознакомиться с его названием и описанием (встроенная справка).
4. Изучить технологическую схему разлива: от сталеразливочного ковша до готовой заготовки.
5. Ознакомиться с виртуальным пультом управления МНЛЗ.
6. Выполнить симуляцию базовых операций: подготовка к разливу, установка промежуточного ковша, начало разлива, регулировка скорости вытягивания, резка заготовок.
7. Зафиксировать параметры работы МНЛЗ (скорость вытягивания, расход воды, температура металла) на каждом этапе.
8. Выполнить тестирование по идентификации элементов МНЛЗ на модели.
9. Составить краткое описание последовательности действий оператора МНЛЗ.
10. Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с инструкцией пользователя SIKE.
2. Запустить программу. В режиме «Обучения» последовательно изучить каждый узел МНЛЗ, записывая его назначение.
3. Для каждого узла указать: название, расположение на схеме, функцию в технологическом процессе.
4. Изучить устройство кристаллизатора: медные стенки, водоохлаждаемые каналы, систему подачи смазки.
5. Изучить устройство зоны вторичного охлаждения: ролики, форсунки, система регулировки расхода воды.
6. Изучить устройство тянуще-правильного агрегата: ролики, приводы, система синхронизации.
7. Изучить устройство машины резки: газовые резак или ножницы.
8. Изучить расположение органов управления на виртуальном пульте.
9. Пошагово выполнить симуляцию разливки (по инструкции к тренажёру), фиксируя все действия и показания.
10. Перейти в режим «Тестирование». Выполнить задания по идентификации элементов на модели.
11. Ответить на контрольные вопросы:
 - каково назначение промежуточного ковша?
 - как устроен кристаллизатор и какова его роль?
 - для чего нужна зона вторичного охлаждения?
 - как регулируется скорость вытягивания заготовки?
 - какие типы МНЛЗ существуют (сортовая, слябовая, блюмовая)?
12. Оформить отчёт.

Изучение устройство механического состава оборудования слябовой машины непрерывной разливки стали

1 Зайти в программу «Sike «Разливщик стали МНЛЗ ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов МНЛЗ



2. Ознакомиться с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу слябовая машина непрерывной разливки стали

