

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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА**

МДК.01.02 Управление технологическими процессами производства стали и контроль за ними

для обучающихся специальности

22.02.01 Metallurgy of black metals

Магнитогорск, 2022

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Металлургия и обработка металлов давлением»
Председатель О.В. Шелковникова
Протокол № 10 от 22.06.2022 г.

Методической комиссией МпК

Протокол № 6 от 29.06.2022 г.

Разработчик (и):

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж
Кунакбаева Альбина Талгатовна

Методические указания по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля «ПМ.01 Ведение технологического процесса производства черных металлов (чугуна, стали и ферросплавов)».

Содержание практических работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению вида деятельности ПМ.01 Ведение технологического процесса производства черных металлов (чугуна, стали и ферросплавов) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.01 Metallurgy черных металлов. Производство стали: МДК.02.01 Управление технологическими процессами производства стали и контроль за ними и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Методические указания	7
Тема 1.1 Производство стали	7
Практическое занятие 16	7
Практическое занятие 17	11
Практическое занятие 18	17
Практическое занятие 19	18
Практическое занятие 20	23
Практическое занятие 21	29
Практическое занятие 22	31
Практическое занятие 23	34
Практическое занятие 24	36
Практическое занятие 25	44
Практическое занятие 26	47
Практическое занятие 27	54
Практическое занятие 28	56
Практическое занятие 29	60
Практическое занятие 30	64
Практическое занятие 31	69
Практическое занятие 32	72
Практическое занятие 33	79
Практическое занятие 34	83
Практическое занятие 35	84
Практическое занятие 36	85
Практическое занятие 37	87
Практическое занятие 38	92
Практическое занятие 39	95
Практическое занятие 40	99
Практическое занятие 41	106
Практическое занятие 42	110
Практическое занятие 43	114
Практическое занятие 44	120
Практическое занятие 45	125
Практическое занятие 46	128
Практическое занятие 47	132
Практическое занятие 48	135
Практическое занятие 49	139
Практическое занятие 50	144
Практическое занятие 51	156
Практическое занятие 52	162
Практическое занятие 53	166
Практическое занятие 54	171
Практическое занятие 55	185

1 ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

В соответствии с рабочей программой ПМ.01 Ведение технологического процесса производства черных металлов (чугуна, стали и ферросплавов), МДК.01.02 Управление технологическими процессами производства чугуна и контроль за ними в результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- У1. подбирать и рассчитывать состав шихтовых материалов;
- У2. осуществлять операции по подготовке шихтовых материалов к плавке;
- У3. выполнять операции по загрузке плавильных агрегатов и выпуску продуктов плавки;
- У4. использовать программное обеспечение в управлении технологическим процессом;
- У5. эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;
- У6. анализировать качество сырья и готовой продукции;
- У7. анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению;
- У8. находить причины нарушений технологии и пути их устранения;
- У9. рассчитывать тепловой и материальный баланс выплавки черных металлов;
- У10. отбирать пробы на анализ;
- У11. выполнять производственные и технологические расчеты;
- У12. оценивать качество сырья, полупродуктов и готового продукта по результатам лабораторных анализов;
- У13. работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками;
- У14. осуществлять мелкий ремонт оборудования;
- У15. анализировать и оценивать состояние техники безопасности, промышленной санитарии и противопожарной защиты на производственном участке;
- У16. выбирать методы и мероприятия по защите от негативных факторов производства;

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю основной профессиональной образовательной программы по специальности:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

И овладению профессиональными компетенциями:

ПК 1.1 Осуществлять технологические операции по производству черных металлов.

ПК 1.2. Использовать системы автоматического управления технологическим процессом.

ПК 1.3. Эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование, обеспечивающее процесс производства черных металлов.

ПК 1.4. Анализировать качество сырья и готовой продукции

ПК 1.5. Анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению

ПК 1.6. Анализировать и оценивать состояние техники безопасности, промышленной санитарии и противопожарной защиты на производственном участке.

Выполнение студентами практических работ по ПМ.01 Ведение технологического процесса производства черных металлов (чугуна, стали и ферросплавов), МДК.01.01 Управление технологическими процессами производства чугуна и контроль за ними,

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам междисциплинарных курсов;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проективных, конструктивных и др.

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

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 2.1 Металлургия стали

Практическая работа №16. Анализ содержание нормативной документации, отражающей методы испытаний и оценку структуры стали

Цель: 1) ознакомиться с нормативной документации, отражающей методы испытаний и оценку структуры стали;

2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции
- оценивать качество сырья, полупродуктов и готового продукта по результатам лабораторных анализов
- работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками

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.

Оборудование

Не используется

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.

Ход 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. Изучите микроструктуры технического железа, углеродистых сталей и белых чугунов в равновесном состоянии.

3. Оформите протокол с изображением соответствующих микроструктур.

Таблица 1 Микроструктуры железо-углеродистых сплавов в равновесном состоянии

№ п/п	Наименование и марка сплава	Содержание углерода, %	Микроструктура	
			зарисовка	наименование

3. Начертите диаграмму железо-цементит и постройте кривую охлаждения для указанного преподавателем сплава. Дайте характеристику кривой охлаждения.

4. Сделайте необходимые выводы.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения

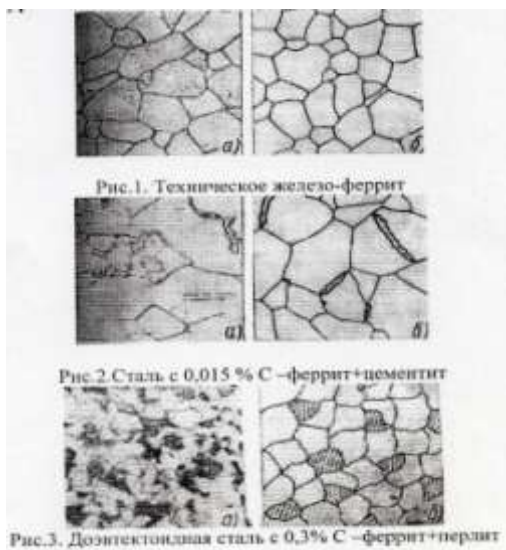
Микроструктура технического железа и углеродистых сталей для равновесных условий характеризуется нижней левой частью диаграммы состояния железо-цементит.

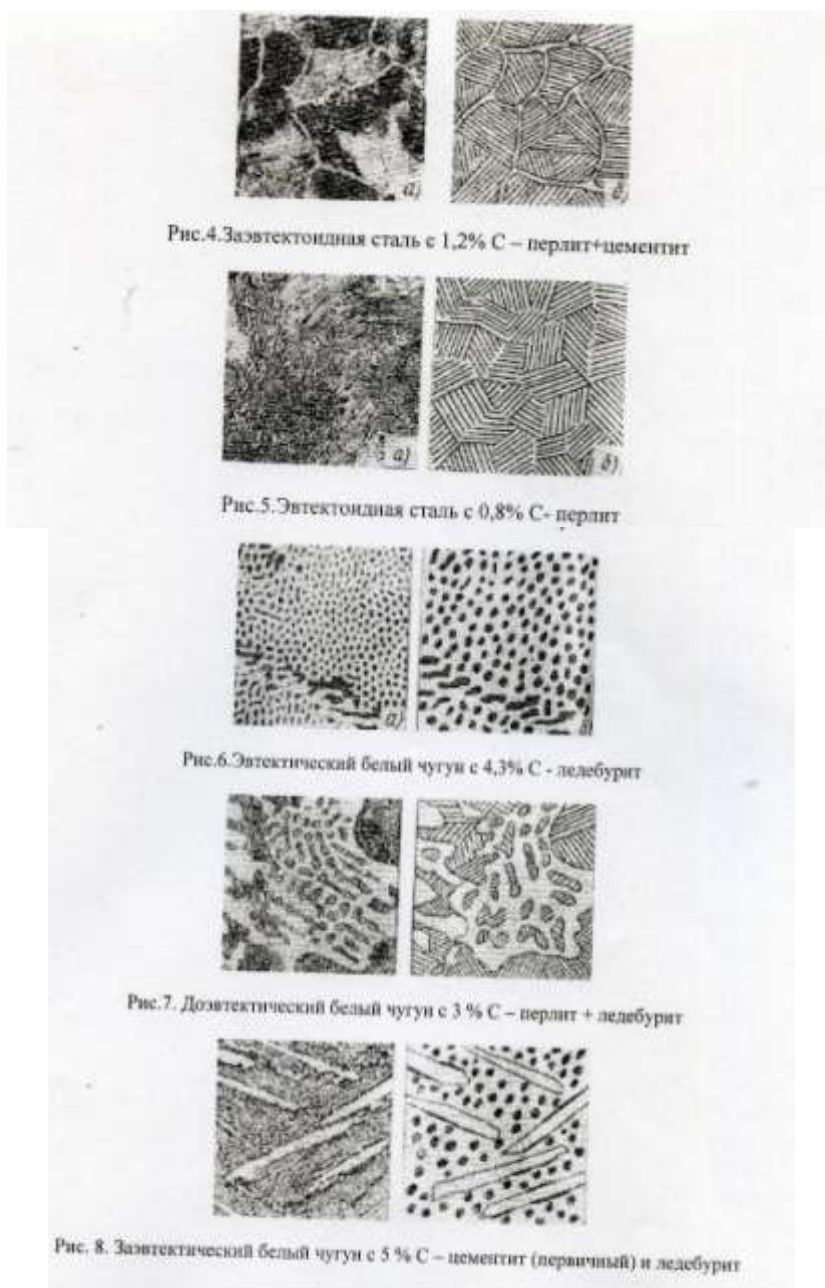
Сплавы с содержанием до 0,02 % С называются техническим железом, от 0,02 до 0,8 % С – доэвтектоидными сталями и от 0,8 до 2,14% С – заэвтектоидными. Сплав с содержанием 0,8 % С называется эвтектоидной сталью.

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 эвтектический имеет структуру, состоящую из ледебурита и первичного цементита. Микроструктуры технического железа, углеродистых сталей и белых чугунов





Практическая работа №17. Анализ содержание нормативной документации, отражающей маркировку стали

Цель: 1) ознакомиться с нормативной документации, отражающей маркировку стали;
2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции
- оценивать качество сырья, полупродуктов и готового продукта по результатам лабораторных анализов
- работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему, ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки; ГОСТ 1050-2013Metalloпродукция из

нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.

Оборудование

Не используется

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.
3. Сделать вывод.

Ход 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:

Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной 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 – валиков, 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 валиков, 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 цементуемой, т.е. улучшается химико-термической обработкой.

Легированные цементуемые 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:

10Х17Н13М3Т

08кп

7ХГ2ВМ

У10

Х

ВСт2кп

65Г

40

10Х14Г14Н4Т

Ст0

Вариант 2.

Определить средний химический состав и классифицировать сталь по различным признакам:

07X21Г7АН5

БСт3сп

У13А

4Х5МФС

70

5ХНМ

У7

45Х

Ст2кп

40ХФА

Вариант 3.

Определить средний химический состав и классифицировать сталь по различным признакам:

55

25ХГСА

5Х3В3МФС

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
10Х14АГ5

Практическая работа №18. Анализ содержание нормативной документации, отражающей основные виды дефектов

Цель: 1) ознакомиться с нормативной документации, отражающей термины и определения основных дефектов;

2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции
- оценивать качество сырья, полупродуктов и готового продукта по результатам лабораторных анализов
- работать с технологической, конструкторской, организационно-распорядительной документацией, справочниками и другими информационными источниками

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему, ГОСТ 21014-2022 Металлопродукция из стали и сплавов. ДЕФЕКТЫ ПОВЕРХНОСТИ. Термины и определения.

Оборудование

Не используется

Задание:

- 1 Изучить содержание нормативной документации, отражающей термины и определения основных дефектов.
- 2 Ответить на вопросы, характеризующие дефекты отливок из стали.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить и законспектировать основные термины и определения основных дефектов.
2. Сделать вывод.

Ход работы:

1. Изучить и законспектировать основные термины и определения основных дефектов.

2. Выводом к работе является перечисление основных дефектов.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Практическая работа №19. Изучение оборудования подготовки и подачи шихтовых материалов

Цель работы: определять назначение и особенности оборудования подготовки и подачи шихтовых материалов в сталеплавильные агрегаты

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Теоретический материал

Оборудование

Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Мультимедийный тренажер Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи»

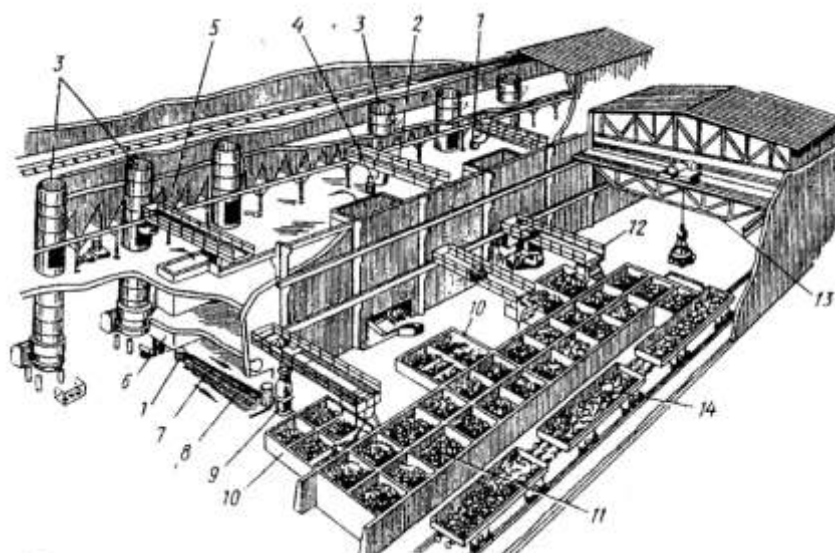
Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал по теме: Основные шихтовые материалы. Добавочные и вспомогательные материалы.
- 2 Ознакомиться с теоретической частью.
- 3 Изучить устройство скраповоза в ККЦ.
- 4 Изучить устройство скраповоза в ЭСПЦ.
- 5 Защитить выполненную практическую работу преподавателю.

Теоретические сведения

Склад шихты предназначен для приемки, хранения и подготовки к использованию в литейном цехе металлических шихтовых материалов, топлива для плавки, флюсов и огнеупорных материалов. В соответствии с назначением склада в нем располагают различные емкости для хранения материалов, а также необходимое транспортное и технологическое оборудование.

На рис.1 показан типовой механизированный склад шихты чугунолитейного цеха. Такой склад оборудуют в закрытом помещении в пролете шириной 18-24 м. Для удобства транспортирования шихтовых материалов склад непосредственно примыкает к плавильному отделению.



1 – бадья для шихты, 2 – шаржирный кран, 3 – вагранки, 4 – крюк шаржирного крана, 5 – бункера, 6 – люк в загрузочной площадке, 7,8 – роликовые конвейеры, 9 – весы для шихты, 10 – суточные бункера для шихты, 11 – закрома основного запаса, 12 – полкпортальный кран, 13 – грейферный кран, 14 – железнодорожный вагон

Рисунок 1 – Типовой механизированный склад шихты

Внутри склада вдоль его наружной стены, прокладывают железнодорожный путь, по которому подаются под разгрузку вагоны 14 с материалами. В пролет шихтового склада устанавливают магнитно-грейферный кран 13, предназначенный для перегрузки материалов в закрома основного запаса 11. В крупных складах с большим грузооборотом применяют два крана, работающих независимо: магнитный и грейферный. Магнитные краны, снабженные магнитной шайбой, предназначены для перегрузки магнитных материалов, а грейферные — для подъема и транспортирования сыпучих материалов (кокса, флюсов).

Изучение устройства загрузочной машины полупортального типа.

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 загрузочная машина полупортального типа

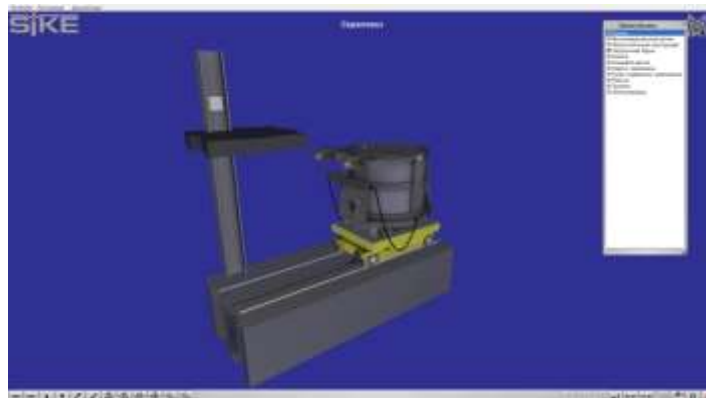


Изучение устройства скраповоза.

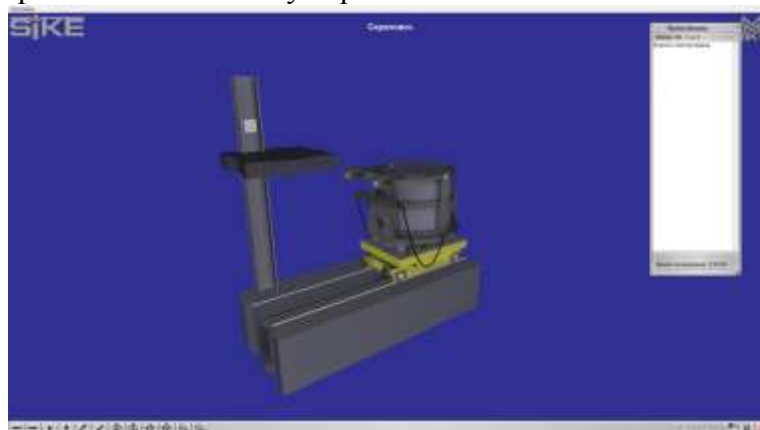
1 Зайти в программу «Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов ДСП-180



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу скраповоз



Тема 2.2 Основные металлургические технологии. Производство стали в конвертерах

Практическая работа №20. Сравнительная характеристика основных способов получения стали

Цель: 1) ознакомиться с основными способами производства стали;

2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению;
- находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

1. Изучить основные стадии производства стали.
2. Ответить на вопросы, характеризующие особенности производства стали.

Порядок выполнения работы:

- 1 Законспектировать теоретические основы.

2 Отразить в виде таблицы краткую характеристику и особенности каждого способа производства стали.

3 Ответить на вопросы, характеризующие особенности производства стали.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения:

Стали - железоуглеродистые сплавы, содержащие практически до 2,14 % углерода, при большем его содержании значительно увеличиваются твердость и хрупкость сталей и они не находят широкого применения. Основными исходными материалами для производства стали являются перепелый чугун и стальной лом.

Способы выплавки стали.

Чугун перепелывается в сталь в различных по принципу действия металлургических агрегатах: мартеновских печах, кислородных конвертерах, электрических печах.

Производство стали в мартеновских печах.

Мартеновский процесс (1864-1865, Франция). В период до семидесятых годов являлся основным способом производства стали. Способ характеризуется сравнительно небольшой производительностью, возможностью использования вторичного металла - стального скрапа. Вместимость печи составляет 200-900 т. Способ позволяет получать качественную сталь. Мартеновская печь по устройству и принципу работы является пламенной отражательной регенеративной печью. В плавильном пространстве сжигается газообразное топливо или мазут. Высокая температура для получения стали в расплавленном состоянии обеспечивается регенерацией тепла печных газов.

Продолжительность плавки составляет 3...6 часов, для крупных печей - до 12 часов. Печи работают непрерывно, до остановки на капитальный ремонт - 400...600 плавов. В зависимости от состава шихты, используемой при плавке, различают разновидности мартеновского процесса:

- скрап-процесс, при котором шихта состоит из стального лома (скрапа) и 25...45 % чушкового перепельного чугуна, процесс применяют на заводах, где нет доменных печей, но много металлолома.

- скрап-рудный процесс, при котором шихта состоит из жидкого чугуна (55...75 %), скрапа и железной руды, процесс применяют на металлургических заводах, имеющих доменные печи.

Футеровка печи может быть основной и кислой.

В основных мартеновских печах выплавляют стали углеродистые конструкционные, низко- и среднелегированные (марганцовистые, хромистые), кроме высоколегированных сталей и сплавов, которые получают в плавильных электропечах. В кислых мартеновских печах выплавляют качественные стали. Применяют шихту с низким содержанием серы и фосфора. Стали содержат меньше водорода и кислорода, неметаллических включений. Следовательно, кислая сталь имеет более высокие механические свойства, особенно ударную вязкость и пластичность, их используют для особо ответственных деталей: коленчатых валов крупных двигателей, роторов мощных турбин, шарикоподшипников.

Преимущества мартеновского способа выплавки стали:

- 1) возможность переработки в больших количествах железного лома;
- 2) малый угар металла (менее 3%);
- 3) возможность получения стали заданного состава высокого качества.

К недостаткам метода следует отнести:

- 1) низкую производительность;

- 2) большой расход топлива;
- 3) трудность в получении высоколегированных и специальных сталей, вследствие недостаточной температуры плавки.

Производство стали в кислородных конвертерах.

Кислородно-конвертерный процесс - выплавка стали из жидкого чугуна в конвертере с основной футеровкой и продувкой кислородом через водоохлаждаемую фурму. Первые опыты в 1933-1934. В настоящее время способ является основным в массовом производстве стали. Кислородный конвертер - сосуд грушевидной формы из стального листа, футерованный основным кирпичом. Вместимость конвертера - 130-350 т жидкого чугуна. В процессе работы конвертер может поворачиваться на 360° для загрузки скрапа, заливки чугуна, слива стали и шлака. Шихтовыми материалами кислородно-конвертерного процесса являются жидкий передельный чугун, стальной лом (не более 30%), известь для наведения шлака, железная руда, а также боксит и плавиковый шпат для разжижения шлака.

После очередной плавки стали выпускное отверстие заделывают огнеупорной массой и осматривают футеровку, ремонтируют. В кислородных конвертерах выплавляют стали с различным содержанием углерода, кипящие и спокойные, а также низколегированные стали. Легирующие элементы в расплавленном виде вводят в ковш перед выпуском в него стали. Плавка в конвертерах вместимостью 130-300 т заканчивается через 25-30 минут.

Преимущества:

- 1) В кислородном конвертере можно останавливать процесс на заданном содержании углерода и получать сталь самых различных марок (за исключением высоколегированных).
- 2) Качество получаемой стали, которое определяется количеством наиболее вредных примесей - серы и фосфора - аналогично качеству мартеновской стали.
- 3) Коэффициент использования топлива, равный 70%, при конвертерном способе значительно больший по сравнению с другими способами, в виду чего отпадает необходимость наличия миксеров (хранилищ жидкого чугуна).
- 4) Основное преимущество конвертерного способа выплавки стали прежде всего связано с высокой производительностью. Производительность кислородного конвертера составляет 400 тонн стали в час, производительность мартеновской печи – 80 – 100 т/ч.

К недостаткам данного способа следует отнести:

- 1) большой угар металла (до 10%);
- 2) невозможность переработки только железного лома;
- 3) трудность в получении стали заданного химического состава;
- 4) невозможность получения высоколегированных сталей; (Кислородно-конвертерным способом выплавляют только углеродистые стали и некоторые марки низколегированных сталей. Это связано со скоротечностью процесса плавки, при которой нельзя эффективно произвести анализ проб стали.)
- 5) необходимость сооружения сложных дорогостоящих пылеочистительных установок, так как процесс плавки сопровождается выбросом большого количества вредной пыли. Объем выплавляемой в России кислородно-конвертерной стали составляет около 35 % от общего объема ее производства

Производство стали в электропечах.

Плавильные электропечи имеют преимущества по сравнению с другими плавильными агрегатами: легко регулировать тепловой процесс, изменяя параметры тока, получать высокую температуру металла, а так же раскислять металл с образованием минимального количества неметаллических включений. Электропечи используют для выплавки конструкционных, высоколегированных, инструментальных, специальных сплавов и сталей. Различают дуговые и индукционные электропечи.

Преимущества:

- 1) Электропечь быстро нагревается до заданной температуры.
- 2) Температура печи легко регулируется.

3) Высокая температура плавки (более 20000С) позволяет выплавлять сплавы с высокой концентрацией тугоплавких компонентов (хрома, молибдена, вольфрама и др.).

4) Возможность регулирования температуры за счет изменения параметров электрического тока, а также возможность создания в пространстве печи необходимой атмосферы: окислительной, восстановительной, нейтральной или вакуума - все это позволяет получать сталь высокого качества любого химического состава. Электрические печи бывают дуговые и индукционные. Наиболее распространены дуговые печи.

К недостаткам можно отнести большие затраты электрической энергии, и связанную с этим высокую стоимость выплавленной таким образом стали

Дуговая плавильная печь.

Дуговая печь питается трёхфазным переменным током. Имеет три цилиндрических электрода из графитизированной массы, закреплённых в электрододержателях, к которым подводится электрический ток по кабелям. Между электродом и металлической шихтой возникает электрическая дуга. Корпус печи имеет форму цилиндра. Вместимость печей составляет 0,5-400 тонн. В металлургических цехах используют электропечи с основной футеровкой, а в литейных - с кислой. В основной дуговой печи осуществляется плавка двух видов: на шихте из легированных отходов (методом переплава) и на углеродистой шихте (с окислением примесей).

Плавку на шихте из легированных отходов ведут без окисления примесей. После расплавления шихты из металла удаляют серу, при необходимости науглероживают и доводят металл до заданного химического состава. Проводят диффузионное раскисление, подавая на шлак измельченные алюминий, молотый кокс. Так выплавляют легированные стали из отходов машиностроительных заводов. Плавку на углеродистой шихте применяют для производства конструкционных сталей. В печь загружают шихту: стальной лом, чушковый переделный чугун, электродный бой или кокс, для науглероживания металлов и известь. Опускают электроды, включают ток. Шихта под действием электродов плавится, металл накапливается в подине печи.

Во время плавления шихты кислородом воздуха, оксидами шихты и окислы окисляются железо, кремний, фосфор, марганец, частично, углерод. Оксид кальция из извести, и оксид железа образуют основной железистый шлак, способствующий удалению фосфора из металла. После нагрева до 1500-1540 0С загружают руду и известь, проводят период «кипения» металла, происходит, а после удаляют шлак. Затем приступают к удалению серы и раскислению металла заданного химического состава. Конечное раскисление проводят алюминием, выпускают сталь в ковш. При выплавке легированных сталей в дуговых печах в сталь вводят легирующие элементы в виде ферросплавов. В дуговых печах выплавляют высококачественные углеродистые стали - конструкционные, инструментальные, жаростойкие и жаропрочные.

Индукционные тигельные плавильные печи.

Выплавляют наиболее качественные коррозионно-стойкие, жаропрочные и другие стали и сплавы. Вместимость от десятков килограммов до 30 тонн. Печь состоит из водоохлаждаемого индуктора, внутри которого находится тигель (основные или кислые огнеупорные материалы) с металлической шихтой, через индуктор от генератора высокой частоты проходит однофазный переменный ток повышенной частоты (500-2000 Гц). Под действием электромагнитного поля индуктора при плавке происходит интенсивная циркуляция жидкого металла, что способствует ускорению химических реакций, получению однородного по химическому составу металла, быстрому всплыванию неметаллических включений, выравниванию температуры. В индукционных печах выплавляют сталь и сплавы из легированных отходов методом переплава, или из чистого шихтового железа и скрапа с добавкой ферросплавов методом сплавления. После расплавления шихты на поверхность металла загружают шлаковую смесь для уменьшения тепловых потерь металла и уменьшения угара легирующих элементов, защиты его от насыщения газами. При плавке в кислых печах, после расплавления и удаления плавильного шлака, наводят шлак из боя стекла. Для окончательного раскисления перед выпуском металла в ковш вводят ферросилиций, ферромарганец и алюминий. В основных печах раскисление проводят смесью из порошкообразной извести, кокса, ферросилиция, ферромарганца и алюминия.

В основных печах выплавляют высококачественные легированные стали с высоким содержанием марганца, титана, никеля, алюминия, а в печах с кислой футеровкой - конструкционные, легированные другими элементами стали. В печах можно получать стали с незначительным содержанием углерода и безуглеродистые сплавы, так как нет науглероживающей среды. При вакуумной индукционной плавке индуктор, тигель, дозатор шихты и изложницы, помещают в вакуумные камеры. Получают сплавы высокого качества с малым содержанием газов, неметаллических включений и сплавы, легированные любыми элементами.

Практическая работа №21. Изучение устройства кислородного конвертера с применением программного обеспечения

Цель работы: определять назначение и особенности конструкции механического оборудования конвертера

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Теоретический материал

Оборудование

Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Порядок выполнения работы:

1 Повторить теоретический материал по теме: Механизмы для поворота конвертеров с электро- и гидроприводом.

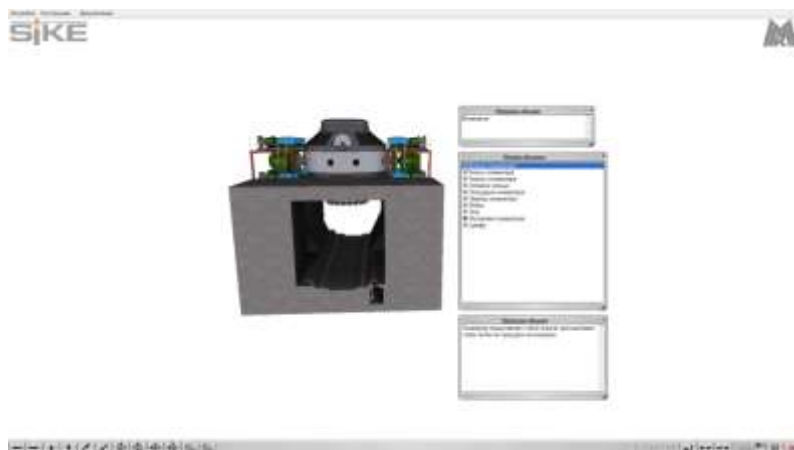
2 Изучить устройство конвертера.

Изучение устройства тракт подачи сыпучих материалов

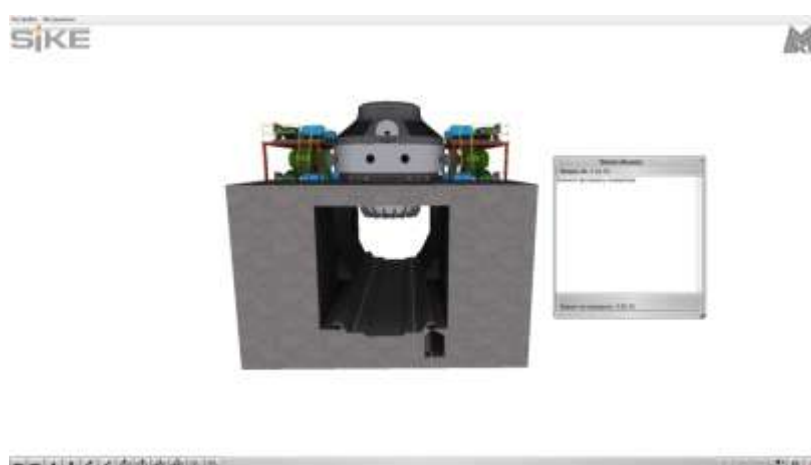
1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибутора ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов кислородного конвертера с верхней продувкой.



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу конвертер



Практическая работа №22. Порядок ремонта сталевыпускного отверстия

Цель: 1) ознакомиться с основными способами ремонта сталевыпускного отверстия;

2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать причины брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению;
- находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

1. Изучить основные стадии ремонта сталевыпускного отверстия.
2. Ответить на вопросы, характеризующие особенности производства стали.

Порядок выполнения работы:

- 1 Законспектировать теоретические основы.

2 Отразить в виде таблицы краткую характеристику и особенности ремонта сталевыпускного отверстия.

3 Ответить на вопросы, характеризующие ремонт сталевыпускного отверстия.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения:

Ремонт сталевыпускного отверстия проводят в случае сокращения времени выпуска расплава из конвертера до 4 мин вследствие размыва канала леточных блоков. Для ремонта футеровки сталевыпускного отверстия конвертер наклоняют в сторону «выпуска» на 9-12 (визуально) так, чтобы обеспечить возможность работы машины для бурения летки (рис.1). Остатки изношенных леточных блоков удаляют с помощью машины для бурения футеровки сталевыпускного отверстия конвертера. Место установки леточных блоков очищают с помощью газового резака от остатков шлака и металла до их полного удаления.



Рис. 1 Машина ТМЛ для сверления футеровки сталевыпускного отверстия

В зависимости от размыва сталевыпускного отверстия на металлическую центрирующую трубу устанавливают (2-7) леточных блоков (рис. 2). В сборе с трубой новые блоки устанавливают на место удаленных изношенных блоков, при помощи специальной штанги (рычага), установленной на электропогрузчик или дизельный автопогрузчик.



Рис. 2 Леточные блоки

Металлическую трубу (в сборе с блоками) закрепляют на фланце корпуса летки с помощью крепежных уголков и металлического прутка (отрезка кислородной трубки) диаметром 20 мм, длиной 1,15-1,20 м. Во избежание выпадения леточных блоков при повороте конвертера в

горизонтальное положение леточные блоки расклинивают в футеровке корпуса сталевыпускного отверстия периклазовым кирпичом (рис. 3).



Рис. 3 Ремонт сталевыпускного отверстия (расклинивание периклазовым кирпичем)

Поворачивают конвертер в горизонтальное положение (визуально). Зазоры между леточными блоками, периклазовыми изделиями и футеровкой корпуса летки заполняют периклазовыми торкрет-массами методом полусухого торкретирования (рис. 4).



Рис. 4 Ремонт сталевыпускного отверстия (заполнение зазоров)

Заполнение зазоров футеровки сталевыпускного отверстия огнеупорным бетоном проводят равномерно вокруг центрирующей трубы со стороны рабочего пространства конвертера при его наклоне в горизонтальное положение.

Для увеличения срока службы футеровки проводятся горячие ремонты. В конвертере иногда оставляют от предыдущей плавки часть шлака высокой основности, но достаточно жидкоподвижного. Конвертер устанавливают таким образом, чтобы шлак заполнил места локального износа кладки, куда затем засыпают бой огнеупорного кирпича. Обломки кирпича пропитываются шлаком, вся масса затвердевает в течении 35-40 мин., после чего начинают следующую плавку. Этот метод называют *подваркой*. Наваренный слой в течение нескольких плавков предохраняет от износов рабочий слой.

Практическая работа №23. Определение производительности печи

Цель работы: научиться пользоваться методикой по расчёту производительности конвертера

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

рассчитывать производительность кислородного конвертера

Материальное обеспечение: методические указания по расчёту производительности кислородного конвертера

Оборудование: не требуется

Задание:

на основании исходных данных

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с методическими указаниями по практическому заданию.
2. Выполнить задание.
3. Оформить работу в тетради для практических занятий.

Ход работы:

1. Получить исходные данные у преподавателя.
2. Произвести расчёт производительности кислородного конвертера

Определение суточной производительности конвертера

Техническую норму производительности агрегата определяем по формуле:

$$\Pi_{\text{т.ср}} = \frac{1440}{t_n} \cdot G \cdot k_z \cdot k_u$$

где t_n - нормативная продолжительность цикла, мин;

G - номинальная емкость конвертера, т;

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

k_u - коэффициент использования номинального времени в относительных единицах. $k_u = 1 - k_z = 1 - 0,16 = 0,84$.

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

Масса плавки по годному: $G_k \cdot K_\Gamma = 160 \cdot 0,97 = 155,2 \text{ т}$

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

$$P_{\text{пллн}} = P_{\text{пллн1}} + P_{\text{пллн2}} + P_{\text{пллн3}} \text{ т/год}$$

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

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

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

$$P_{\text{пллн1}} = 5866,56 \cdot 243 = 1425574,08 \text{ т}$$

$$P_{\text{пллн2}} = 5866,56 \cdot 249 = 1460773,44 \text{ т}$$

$$P_{\text{пллн3}} = 5866,56 \cdot 249 = 1460773,44 \text{ т}$$

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;

$T_{\text{нм}}$ - номинальный фонд.

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

Практическая работа №24. Изучение оборудования и основных элементов конвертера

Цель: 1) ознакомиться с оборудованием и основными элементами конвертера;

2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

– находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

1. Изучить основные стадии ремонта сталевыпускного отверстия.

2. Ответить на вопросы, характеризующие особенности производства стали.

Порядок выполнения работы:

1 Законспектировать теоретические основы.

2 Отразить в виде краткого конспекта..

3 Ответить на вопросы, характеризующие оборудование кислородного конвертера.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;

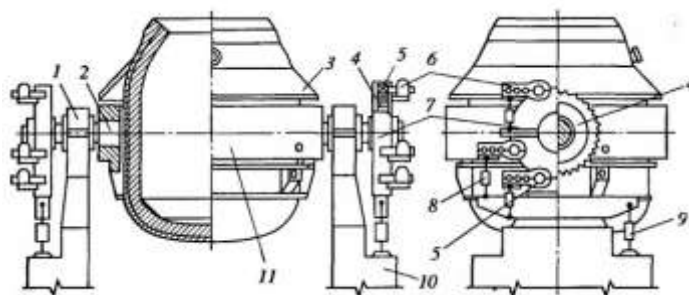
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения:

Размеры внутреннего рабочего объема конвертера должны быть такими, чтобы обеспечивалась продувка без выбросов металла и шлака через отверстие горловины. Дело в том, что во время плавки (продувки) образующиеся в результате окисления углерода пузыри СО вспенивают металл и шлак и уровень ванны приближается к верху горловины. Поэтому внутренний удельный объем должен составлять 0,85—1,0 м³/т жидкой стали и конвертер должен быть вытянут по вертикали (отношение высоты рабочего объема к диаметру 1,45-1,6). Угол наклона образующей горловины к вертикали делают в пределах 26-30°.

Размеры внутреннего объема некоторых конвертеров приведены ниже:

Вместимость, т.....	85	100	130	200	300	350
Удельный объем, м ³ /т..	0,9	0,92	0,81	1,03	0,87	0,87
Высота H , м.....	6,6	7,0	7,42	9,5	9,26	10,1
Диаметр D , м.....	4,2	4,4	4,7	5,95	6,55	6,7
Отношение H/D	1,56	1,59	1,58	1,6	1,41	1,47
Глубина ванны, м.....	1,17	1,14	1,5	1,78	1,9	1,85
Диаметр горловины, м..	2,0	2,17	2,42	3,1	3,43	4,1



1 — опорный подшипник; 2 — цапфа; 3 — защитный кожух; 4 — ведомое зубчатое колесо; 5 — вал—шестерня; 6 — навесной электродвигатель с редуктором; 7 — корпус ведомого колеса; 8, 9 — демпфер; 10 — опорная станина; 11 — опорное кольцо

Рисунок 1 — Кислородный конвертер с двухсторонним навесным многодвигательным механизмом поворота

Корпус и днище

Корпус конвертера выполняют Сварным из нестареющей листовой стали 09Г2С толщиной от 20 до 100 мм и делают его либо цельносварным, либо с отъемным днищем, которое крепится болтами или клиновыми соединениями.

Горловина в большей степени, чем другие элементы кожуха, подвержена воздействию высокие температур и короблению и может быть повреждена при удалении застывших выплесков металла. Поэтому верх горловины защищают массивным шлемом. Хорошо зарекомендовала себя конструкция шлема, показанная на рисунке 2.

К корпусу 1 горловины приварена снабженная кольцевым пазом 3 утолщенная обечайка 2, на которой с помощью закладных планок 5 закреплены несколько литых сегментов 4. Эти сегменты обычно выполняют из жаропрочного чугуна, к которому меньше, чем к стали привариваются выплески металла (настыли). Поврежденные сегменты (один или несколько) можно сравнительно легко заменить.

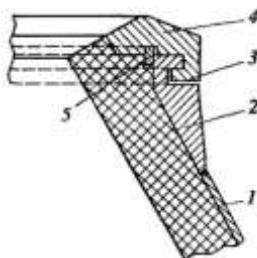
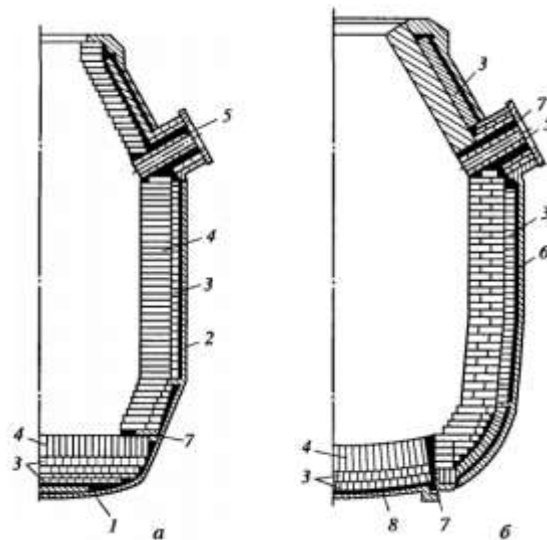


Рисунок 2 — шлем горловины конвертера

Днище конвертеров чаще делают сферическим, что облегчает циркуляцию металла и способствует снижению износа футеровки. Применяются как неотъемные (см.рис. 3), так и отъемные днища. Отъемные днища могут быть приставными (рис. 5, а) и вставными (рис. 5 б).



1 — приставное днище; 2 — кожух конвертера; 3 — арматурный слой футеровки; 4 — рабочий слой футеровки; 5 — блоки из плавленного магнезита; 6 — предарматурный слой (огнеупорная масса, асбест); 7 — огнеупорная масса; 8 — вставное днище

Рисунок 3.- Футеровка кислородных конвертеров с приставными (а), и вставными (б) днищами

Цапфы и опорное кольцо.

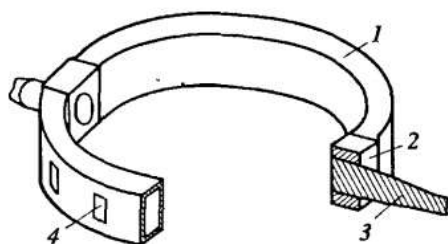
Конвертер цапфами опирается на роликовые опорные подшипники, закрепленные в опорных станинах. Подшипники обеспечивают возможность вращения конвертера вокруг оси цапф; при этом один подшипник фиксированный, а другой «плавающий», что дает возможность перемещения вдоль оси цапф на 15-30 мм.

В первых кислородных конвертерах цапфы крепились непосредственно к кожуху конвертера (см. рис. 2). При этом, как показала практика, в следствии нагрева кожуха и его деформации происходил перекос цапф (их отклонение от первоначального положения), что вызывало при вращении цапф удары по опорным подшипникам и шестерням механизма поворота конвертера и их повышенный износ.

Теперь конвертеры (см. рис. 3) снабжают отдельным опорным кольцом, к которому крепятся цапфы и в котором с зазором в 150-200 мм закреплен кожух. Благодаря зазору возникающие при термическом расширении кожуха деформации не передаются опорному кольцу и перекос цапф не возникает. тонкий слой шлака, который на последующих плавках постепенно растворяется, а сама футеровка рабочего слоя почти не разрушается. При этом стойкость футеровки доведена до 3000-5000 плавов и более.

Опорное кольцо

Общий упрощенный вид опорного кольца показан на рис. 4.



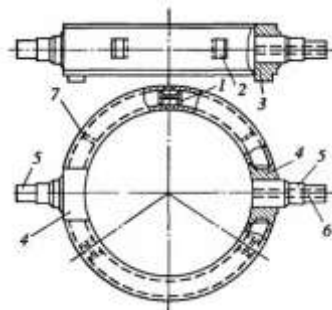
1 — полукольцо; 2 — цапфовая плита; 3 — цапфа; 4 — окно для циркуляции воздуха

Рисунок 4 — Общий вид опорного кольца конвертера

Оно представляет собой конструкцию, состоящую из двух полуколец 1 и закрепленных между ними двух цапфовых плит 2; полукольца и плиты скреплены шпильками. Полукольца

выполняют сварными полыми прямоугольного (коробчатого) сечения. Для защиты опорного кольца от перегрева и от попадания капель металла и шлака над ним, приваривают к корпусу конвертера защитный кожух (см. рис. 1).

На рисунке 5 показано опорное кольцо конвертера, подвешиваемого к цапфе на трех тягах (меридиональных).



1 — узел крепления меридиональной тяги; 2 — окно; 3 — упор; 4 — цапфовая плита; 5 — цапфа; 6 — канал в цапфе; 7 — ребро жесткости

Рисунок 5 — Опорное кольцо конвертера

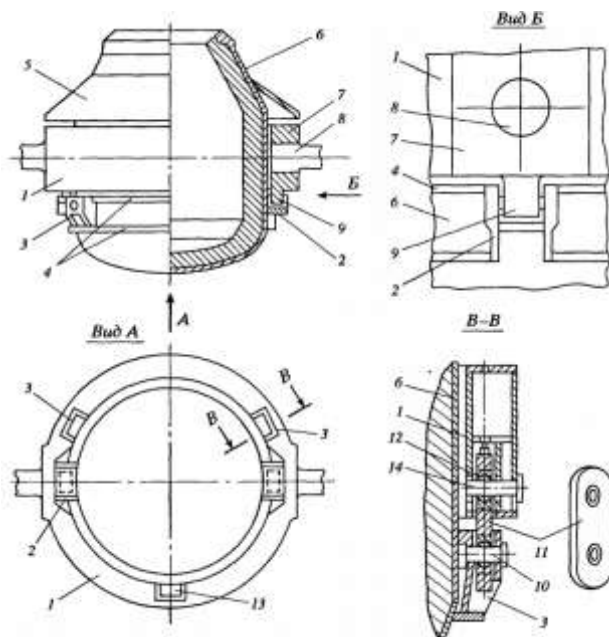
Полукольца изготавливают с помощью сварки из листовой нестареющей стали 09Г2С. Обычно верхнюю и нижнюю полки полукольца выполняют из листа толщиной 100 мм, а вертикальные стенки 50-60 мм. Для усиления конструкции внутри располагаются поперечные ребра жесткости. В стенках кольца, а также в ребрах жесткости предусмотрены отверстия для циркуляции воздуха, способствующие охлаждению полуколец.

Цапфы выполняют кованными из легированной стали типа 40ХН. Их крепят к опорному кольцу путем запрессовки в цапфовую плиту. Цапфы большегрузных конвертеров делают водоохлаждаемыми; для подачи воды в цапфе предусмотрен осевой канал.

Крепление корпуса в опорном кольце.

Система такого крепления должна обеспечить фиксацию (постоянство положения) корпуса в опорном кольце при различных углах наклона конвертера и вместе с тем свободную, независимую от опорного кольца деформацию корпуса при его нагреве или охлаждении. Конструкции первых кислородных конвертеров этого не обеспечивали. Ниже рассмотрены две применяющиеся в последние годы в отечественных конвертерах системы крепления, основу которых составляют свободная подвеска корпуса конвертера к опорному кольцу.

Строившиеся в течение многих лет отечественные конвертеры имеют подвеску корпуса к кольцу с помощью трех меридиональных тяг, последние конвертеры оснащают подвеской с четырьмя группами тяг по три тяги в каждой группе. Схема первой системы крепления показана на рисунке 6.



1 — опорное кольцо; 2 — кронштейн для упора; 3 — кронштейн для меридиональной тяги; 4 — ребра жесткости; 5 — защитный кожух; 6 — корпус с конвертера; 7 — цапфовая плита; 8 — цапфа; 9 — упор; 10,14 — палец; 11 — меридиональная тяга; 12 — шаровой шарнир; 13 — кронштейн для фиксирования тяги

Рисунок 6. — Конвертер с подвеской корпуса к опорному кольцу на трех меридиональных тягах

Корпус конвертера подвешен к опорному кольцу при помощи трех меридиональных тяг 11, расположенных под углом 120° относительно друг друга. Для крепления корпуса служит массивный несущий пояс, приваренный к корпусу ниже опорного кольца в зоне минимальных температур и деформаций корпуса. Пояс состоит из двух плоских кольцевых ребер 4 жесткости и размещенных между ними трех кронштейнов 3 к 13 для крепления тяг и двух кронштейнов 2 для упоров.

Меридиональная тяга имеет два отверстия, в которых запрессованы шаровые шарниры 12. Через верхнее отверстие проходит палец 14, крепящий тягу в опорном кольце, через нижнее — палец 10, крепящий тягу в кронштейне опорного пояса. Шаровые шарниры 12 обеспечивают свободную самоустановку корпуса в опорном кольце.

Для предотвращения смещения корпуса поперек оси цапф и передачи крутящего момента корпусу служат два упора 9, т. е. выступы цапфовых плит, входящие в пазы кронштейнов 2 несущего пояса. Чтобы предотвратить смещение корпуса вдоль оси цапф одну меридиональную тягу (расположенную в кронштейне 13) делают фиксированной, ее удлиненная нижняя часть входит в паз приваренного к корпусу дополнительного кронштейна (на рис. 6 не показано).

Механизм поворота

Механизм поворота обеспечивает вращение конвертера вокруг оси цапф на 360° со скоростью (частотой) от 0,1 до 1 мин⁻¹. Механизм поворота может быть односторонним и двухсторонним. У конвертеров вместимостью 130т и менее делают односторонний механизм поворота, в котором одна из цапф соединена с приводом (см. рис. 2). У большегрузных конвертеров опорное кольцо при повороте подвергается большим усилиям. Поэтому для более равномерного их распределения механизм поворота большегрузных конвертеров делают двухсторонним (см. рис. 3). Этот механизм имеет два синхронно работающих привода, каждый из которых соединен с одной цапфой.

Механизмы поворота бывают стационарными и навесными. Первые конвертеры имели стационарный механизм поворота, жестко закрепленный на отдельной опоре. Такой механизм имеет (см. рис. 1) два электродвигателя 6 (один из них резервный), связанный с ними двухсторонний червячный редуктор 5 и тихоходный редуктор 4, соединенный с цапфой

конвертера через зубчатую муфту 3. Недостатком механизма является его быстрый износ вследствие того, что будучи неподвижно закрепленным он испытывает удары вращающихся цапф в случае их перекоса, а также ударные нагрузки в момент включения привода.

Современные конвертеры имеют более совершенный навесной (закрепленный на цапфе) привод (см. рис. 1). На цапфе жестко закреплено ведомое зубчатое колесо 4, закрытое корпусом 7; этот корпус опирается на цапфу через подшипники и от проворачивания его удерживает демпфер 9. Таким образом при вращении зубчатого колеса 4 с цапфой, корпус 7 остается неподвижным. Зубчатое колесо вращают несколько (от 4 до 6) электродвигателей с редукторами 6, выходные валы-шестерни 5 которых входят в зацепление с колесом; эти валы-шестерни через подшипники крепятся в отверстиях стенки корпуса 7. Электродвигатели с редукторами держатся (навешены) на валах-шестернях 5; вращая валы, сами двигатели остаются неподвижными, так как удерживаются от проворачивания демпферами 8.

На рисунке 7 показана кинематическая схема аналогичного навесного двухстороннего привода. В ней выделяют электродвигатели 5 (их четыре) с тормозами, быстроходные трехступенчатые редукторы 4-, тихоходные редукторы 1 (зубчатое колесо 7, вал-шестерня 6). В каждом из четырех приводов электродвигатель через быстроходный редуктор вращает вал-шестерню и, тем самым, зубчатое колесо и цапфу 2 с опорным кольцом 9. Цапфы установлены в подшипниковых опорах; опора 10— фиксированная, опора 8 — плавающая.

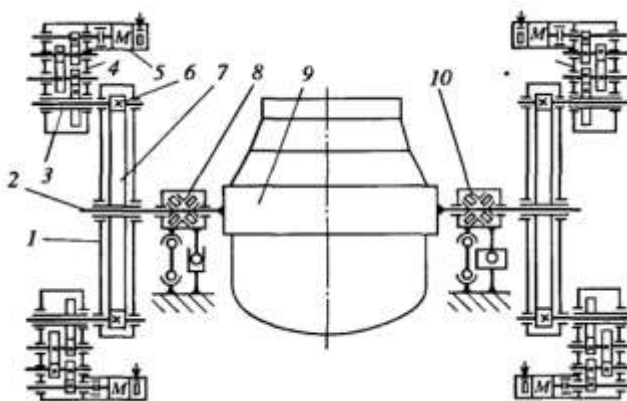


Рисунок 7 — Кинематическая схема навесного многодвигательного привода конвертера

Навесной многодвигательный привод по сравнению со стационарным обладает следующими преимуществами: перекос цапф не влияет на его работоспособность, так как, будучи закрепленным на цапфе, привод перемещается вместе с ней; при выходе из строя одного двигателя привод остается работоспособным; демпферы частично компенсируют динамические нагрузки при включениях и торможениях, что снижает износ шестерен привода; в 2-3 раза уменьшается масса привода; существенно уменьшается площадь, необходимая для его установки.

Практическая работа №25. Изучение устройства футеровки: сводов, подины, рабочего пространства

Цель работы: изучить устройства футеровки: сводов, подины, рабочего пространства

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Теоретический материал

Оборудование

Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал по теме: Механизмы для поворота конвертеров с электро- и гидроприводом.
- 2 Изучить устройство конвертерное отделение.

Краткие теоретические сведения

Футеровка кислородных конвертеров состоит из двух слоев — арматурного, примыкающего к корпусу и рабочего. Арматурный слой толщиной 110-250мм выполняют из магнезитохромитового кирпича, он не требует замены длительное время (годы). Рабочий слой толщиной 500-800мм, контактирующий с металлом и шлаком, преимущественно выкладывают из безобжиговых больше мерных кирпичей на основе доломита (35-50% MgO, 45-60% CaO) и реже магнезита (> 85 % MgO) со смоляной или пековой связкой. Измельченные огнеупоры смешивают при температуре 80-140°C с 5-7% каменноугольных смолы или пека и прессуют в кирпичи. Далее выкладывают футеровку рабочего слоя и обжигают ее, нагревая до 1100°C. При этом смола (пек) коксуется, т. е. удаляются летучие и остается тонкая коксовая (углеродистая) пленка, которая скрепляет зерна огнеупора и защищает их от взаимодействия со шлаком. На небольших конвертерах кладку делают из кирпичей в один ряд, на большегрузных — в два ряда вперевязку. Стойкость такой футеровки составляет 500-700 плавов.

В последние годы стали широко применять магнезито-углеродистые (MgC с добавкой 10-20% C) кирпичи в сочетании с периодическим ошлакованием футеровки. Последняя заключается в том, что через 3-5 плавов шлак загущают и затем раздувают его (газом, подаваемым через фурму), в результате чего на футеровку налипает тонкий слой шлака, который на последующих плавках постепенно растворяется, а сама футеровка рабочего слоя почти не разрушается. При этом стойкость футеровки доведена до 3000-5000 плавов и более.

Поскольку теплопроводность магнезито-углеродистых огнеупоров значительно выше теплопроводности обычно применявшихся огнеупоров на смоляной связке, переход на магнезито-углеродистую футеровку приводит к заметному перегреву корпуса конвертера. Поэтому конвертер оборудуют системой труб и форсунок, охлаждающих корпус путем подачи водяного тумана (распыленной воды).

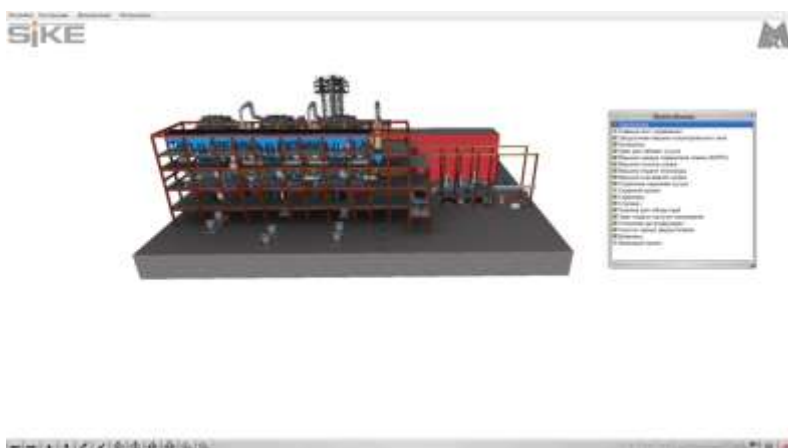
Футеровка летки имеет арматурный слой из магнезито-хромитового кирпича, затем слой огнеупорной массы на основе MgO и в середине блоки из плавленого магнезита, имеющие сквозные отверстия, образующие канал летки. Эти блоки заменяют через 60-120 плавов.

Изучение устройства конвертерного отделения

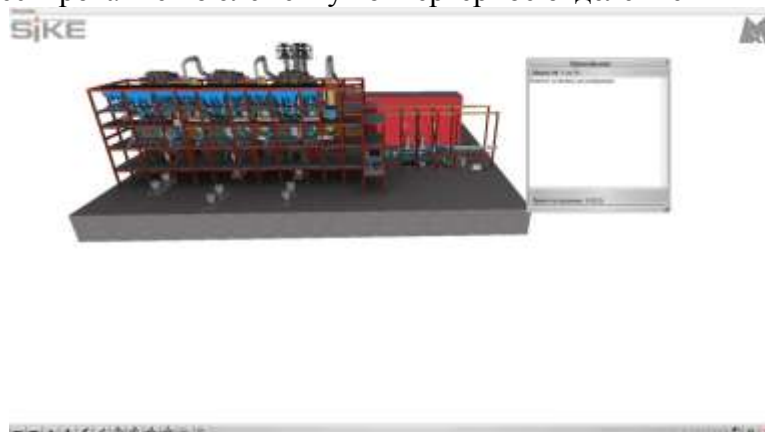
1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибутора ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов кислородного конвертера с верхней продувкой.



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу конвертерное отделение



Практическая работа №26. Выплавка стали в кислородном конвертере

Цель работы: выполнить выплавку заданной марки стали

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Сценарий выполнения работы

Оборудование

Тренажер. Сталевар ККЦ

Порядок выполнения работы:

1. Повторить теоретический материал по теме: Кислородно-конвертерный процесс с верхней продувкой..
2. Выполнить выплавку заданной марки стали.

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»).

4.2. Пример выполнения сценария

1. На вкладке «Практикум» выберите следующую целевую марку стали и вариант шихтовки (Рисунок 1).

1. Изучите лабораторную работу

2. Задайте целевую марку стали

Марка стали: 10k ГОСТ 1059-88

Температура и химический состав стали

Параметр	T, °C	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	N	Al
Нижний предел	1640	0.070	0.000	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Верхний предел	1660	0.100	0.070	0.500	0.005	0.005	0.100	0.250	0.250	0.005	0.005

3. Задайте соотношения чугуна и лома

Шихтовка плавки

Чугун: 275 Лом: 80

Температура и химический состав чугуна

Параметр	T, °C	C	Si	Mn	S	P
Задача	1300	4.10	0.83	0.31	0.01	0.00

Рекомендуемый расход чугуна

T, °C	Нормы для % в чууге, %			
	0.5	0.6	0.7	0.8
1300-1350	200	210	220	230
1350-1400	210	220	230	240

4. Выплавите сталь в режиме Обучения или Тестирования

Рисунок 1. Начальные и целевые параметры

2. Задания №1 и №2 являются информационными. Прочитайте их и для

ВНИМАНИЕ! Вы приступаете к выплавке стали в кислородном конвертере!

Для того чтобы получить сталь заданного качества, последовательно и своевременно выполняйте задания сценария!

Для того чтобы перейти к следующему заданию нажмите на кнопку "Подтвердить выполнение".

Подтвердить выполнение

перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение» (Рисунок 2).

Рисунок 2. Пример информационного задания

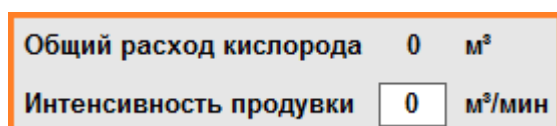
3. В задании №3 необходимо осуществить завалку лома. Для этого в правой части области анимации нажмите на кнопку «Загрузить лом».

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).

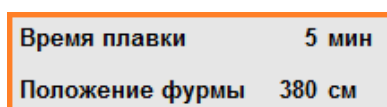


Общий расход кислорода	0	м³
Интенсивность продувки	0	м³/мин

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).



Время плавки	5	мин
Положение фурмы	380	см

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

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».

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...»

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.

24. В задании №30 необходимо довести плавку до необходимой температуры. Текущую и требуемую температуру можно посмотреть в разделе «Параметры плавки»

[illegible]

(Рисунок 15).

Рисунок 15. 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

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
FeSi-65	0	0,10	66,90	0,30	0,03	0,03
SiMn	0	1,80	17,70	68,70	0,02	0,06

1,22	=	100	*	360	*	(	0,450	-	0,120	)
				97,30	*	(	100	-	0,000	)
C	=	0,00	*	0,000	*	(	100	-	0,000	)
				100	*				0	

Внимание!
Заданные ферросплавы будут поданы в ковш при сливе стали автоматически!

поле «Значение, кг» (Рисунок 16).

Рисунок 16. 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».

Практическая работа №27. Расчет шихты выплавки стали в конвертере

Цель работы: Научиться определять количество металлической шихты в зависимости от марки стали и типа и садки печи.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать оптимальные технологические процессы получения металла.

Материальное обеспечение:

ГОСТ на сталь, ТУ предприятия на шихтовые материалы и другие виды присадок.

Задание:

Ознакомится с основными определениями и терминами на шихтовые материалы. Ознакомится с основными этапами расчета шихты. Рассчитать количество металлической шихты для заданной печи и марки стали.

Краткие теоретические сведения:

Расчёт шихты производится в соответствии с заданной маркой стали и количеством углерода, который в этой стали содержится. Для этого определяют технологию плавки и тип печи, где эта сталь выплавляется. Расчет шихты ведётся на углерод. Вся шихта делится на передельный чугун и стальной лом. Если печь мартеновская, угар углерода принимается в пределах 40-60 %, и по этому угару считается содержание науглероживателя (передельного чугуна). Если же сталь выплавляется в электропечи, угар углерода уменьшается до 10-15 %, а науглероживателем может являться кокс.

Порядок выполнения работы:

1. Получить папку с ГОСТами у преподавателя.
2. Выбрать марку стали для расчета шихты
3. Выбрать метод расчета в зависимости от марки стали и вида производства
4. Рассчитать шихтовые материалы
5. Сравнить полученные результаты с ГОСТами.

Ход работы:

1. Ознакомится со структурой ГОСТа.
3. Ознакомится с основными определениями и терминами на шихту для расчета.
4. Ознакомится с требованиями, предъявляемыми к шихтовым материалам.
5. Изучить этапы ведения расчета.
6. Составить схему технологического процесса заданной марки стали.
7. Рассчитать количество металлической шихты для выбранной марки.

Краткие теоретические сведения

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 [2]. 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:

$$G_{\text{л}}' = 17,4 + 4,1 \cdot ([C]_{\text{ч}} - 4,0) + 9,5 \cdot ([Si]_{\text{ч}} - 0,5) + 0,034 \cdot (t_{\text{ч}} - 1330) + 3,2 \cdot ([Mn]_{\text{ч}} - 0,2) + 11 \cdot (0,2 - [C]_{\text{м}}) + 0,05 \cdot (1650 - t_{\text{м}}),$$

где $G_{л'}$ – расход лома на плавку (предварительный), % (кг/100кг металлошихты);
[C]_ч, [Si]_ч, [Mn]_ч – соответственно содержание углерода, кремния и марганца в чугуна, %;
 $t_{ч}$, $t_{м}$ – соответственно температура чугуна и металла, °С.

Поскольку все величины, входящие в формулу, 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:

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

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

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

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

Форма представления результата:

Расчет шихтовых материалов

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.

Практическая работа №28. Изучение отделения перелива чугуна

Цель работы: изучить устройства отделения перелива чугуна

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Теоретический материал

Оборудование

Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Порядок выполнения работы:

1Повторить теоретический материал по теме: Кислородно-конвертерный процесс с верхней продувкой.

2Изучить устройство конвертерное отделение.

Краткие теоретические сведения

Применение передвижных миксеров для подачи чугуна по сравнению со стационарными уменьшает число переливов чугуна, обеспечивает уменьшение потерь и повышение температуры чугуна при заливке в конвертер примерно на 50°. Это позволяет повысить долю лома в конвертерной плавке и снизить расходы чугуна.

Кроме того, применение передвижных миксеров немного сокращает капитальные затраты в комплексе цеха и исключает расход топлива. Поэтому применение передвижных миксеров предпочтительнее.

Ковши миксерного типа предназначены для доставки чугуна в сталеплавильные цеха непосредственно из доменного, а также для перевозки чугуна между предприятиями на значительные расстояния.

Используются передвижные миксеры емкостью 150, 420 и 600 т. Разработан унифицированный ряд передвижных миксеров современной конструкции емкостью 200, 300, 450 и 600 т.

Выбор емкости передвижного миксера определяется массами выпуска чугуна из доменной печи и плавки в сталеплавильном агрегате.

Увеличение емкости передвижных миксеров благоприятно сказывается на технико-экономических показателях их эксплуатации: снижается коэффициент тары, сокращаются потери температуры и удельные капитальные затраты.

Количество передвижных миксеров определяется объемом перевозимого чугуна.

Основные параметры передвижных миксеров приведены в таблице 1

Таблица 1. — Параметры передвижных миксеров

Показатель	Ёмкость, т		
	600	420	150
База, мм	17697	20000	19000
Ширина колеи, мм	1520	1520	1520
Коэффициент заполнения	1	0,9	0,9
Масса без футеровки, т	443	306	162,5
Масса груженого миксера, т	1247	876	360
Тип привода поворота	Электромеханический, навесной		
Соответственно количество шт., и мощность двигателя привода поворота	4; 8,5	4; 8,5	2; 8,5
Угол поворота, °			
Эксплуатационный для полного слива максимальный	±95 ±180	±95 ±180	±105 ±180
Проектная стойкость футеровки, количество наливов	600...700	600...700	600...700

Применение ковша миксерного типа

Чугун из доменной печи сливают в миксерный ковш, который транспортируют в отделение перелива конвертерного цеха, располагаемое рядом с загрузочным пролетом или в нем. Здесь чугун переливают в заливочный ковш, который перевозят в зону действия заливочного крана; последний поднимает ковш и заливает чугун в конвертер.

Ковш миксерного типа (рис. 3) имеет стальной сварной кожух 5 сигарообразной формы, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом. В центральной верхней части ковша имеется заливочное окно 6, по бокам от него расположены два вспомогательных окна 7, используемых при ремонтах футеровки. К торцам кожуха приварены цапфы, которыми ковш опирается через опорные узлы 4 и 8 на две многоосные ходовые тележки 1, перемещающиеся по рельсовому пути. На одной из тележек расположен защищенный кабиной 2 навесной механизм поворота 5, соединенный с цапфой. Вращением ковша вокруг оси цапф обеспечивают слив чугуна через заливочное окно.

Стойкость футеровки составляет 400—800 наливов чугуна.

Для ремонта футеровки и механического оборудования ковша требуется сооружение депо ремонта, которое обычно входит в состав доменного цеха.

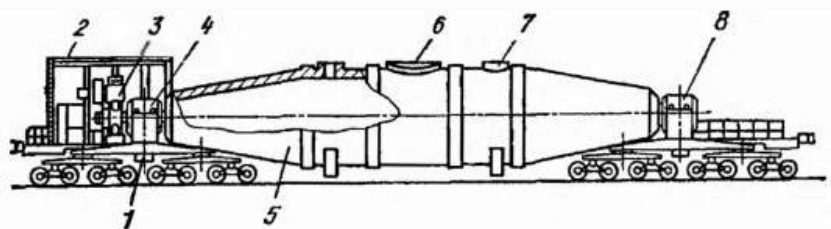


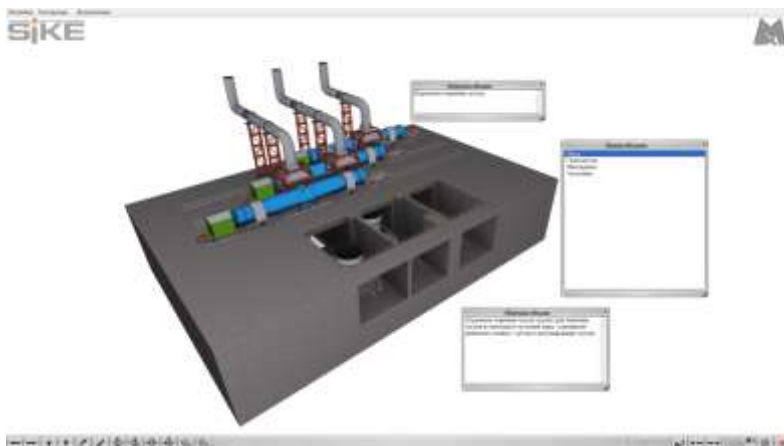
Рисунок 1. — Ковш миксерного типа

Изучение устройства отделения перелива чугуна

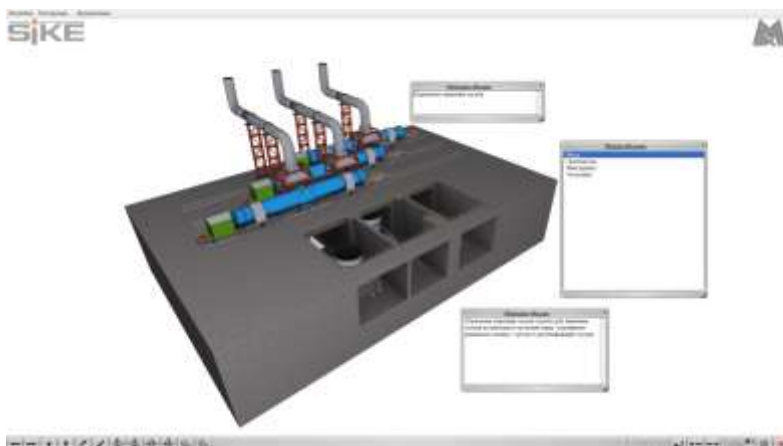
1 Зайти в программу «Sike «Машинист дистрибутора ККЦ» в раздел 1. Конструкция основных узлов и агрегатов кислородного конвертера с верхней продувкой.



2. Ознакомится с конструктивными особенностями представленных элементов, используя возможности программы, а также дополнительные справочные материалы



3. Выполните тестирование по элементу отделение перелива чугуна



Практическая работа №29. Расчет материального баланса для получения заданной марки стали

Цель работы: Научиться рассчитывать материальный баланс для получения заданной марки стали.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбрать оптимальные технологические процессы получения металла.

Материальное обеспечение:

ГОСТ на сталь, ТУ предприятия на шихтовые материалы и другие виды присадок.

Задание:

Ознакомится с основными определениями и терминами. Ознакомится с основными этапами расчета материального баланса. Рассчитать материальный баланс для заданной печи и марки стали.

Порядок выполнения работы:

1. Получить папку с ГОСТами у преподавателя.
2. Выбрать марку стали для материального баланса.
3. Выбрать метод расчета в зависимости от марки стали и вида производства
4. Рассчитать материальный баланс.
5. Сравнить полученные результаты с ГОСТами.

Ход работы:

1. Ознакомиться со структурой ГОСТа.
3. Ознакомиться с основными определениями и терминами для расчета.
4. Ознакомиться с требованиями, предъявляемыми к материальному балансу.
5. Изучить этапы ведения расчета.
6. Составить схему технологического процесса заданной марки стали.
7. Рассчитать материальный баланс для выбранной марки.

Краткие теоретические сведения

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

Приход металла состоит из 100 кг металлошихты (чугуна и лома) и железа, восстановленного из неметаллических материалов. Согласно расчету, количество железа, восстановленного из неметаллических материалов, можно найти из выражения:

$$g_{\text{Fe}}^{\text{HM}} = g_{\text{FeO}}^{\text{HM}} + g_{\text{Fe}_2\text{O}_3}^{\text{HM}} - g_{\text{O}_2}^{\text{HM}} \quad (1)$$

Расходная часть баланса металла.

Масса окислившихся примесей (Σg_E) определяется по данным таблицы 1.

Масса железа, окисляющегося до FeO и Fe₂O₃, переходящих в шлак. Согласно проведенным расчетам, количество железа, участвующего в образовании оксидов шлака, можно найти из выражения:

$$g_{\text{Fe}}^{\text{шл}} = g_{\text{FeO}}^{\text{шл}} + g_{\text{Fe}_2\text{O}_3}^{\text{шл}} - g_{\text{O}_2}^{\text{шл}} \quad (2)$$

Потери металла с выносами и выбросами (G_B), которые обычно составляют 1-2 % (кг/100 кг металлошихты). Принимаются самостоятельно.

$$G_B = (G_L + G_q) \cdot 1,5 \quad (3)$$

Количество миксерного шлака ($g_{\text{мш}}$).

$$g_{\text{мш}} = 8 + 1 = 9 \quad (4)$$

Потери железа с пылью ($G_{\text{П}}$). Массу железа, теряемого с пылью определяют по формуле:

$$G_{\text{П}} = 0,00001 \cdot V_{\text{Г}} \cdot K_{\text{П}} \cdot \text{Fe}_{\text{П}}, \quad (5)$$

где $G_{\text{П}}$ – масса железа, теряемого с пылью во время продувки, кг;
 $V_{\text{Г}}$ – объем образующихся газов, м³;
 $K_{\text{П}}$ – концентрация пыли в газе, г/м³ (обычно 150-250 г/м³);
 $\text{Fe}_{\text{П}}$ – содержание железа в пыли (обычно 60-80 %).

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 1.

Таблица 1 – Расчет образования газообразных продуктов плавки

Источник поступления		Количество, кг		
		CO	CO ₂	Всего
Окисление углерода				
Известь ($G_{\text{ИЗ}}$)* ¹				
Дожигание части CO				
Итого	кг			
	м ³ * ²			
Состав газа, %				
¹ – CO ₂ , выделяющийся при диссоциации недоразложившегося известняка в извести (недопал) – определяется по потерям при прокаливании в составе извести ² – пересчет в м ³ из кг выполняется с учетом закона Авогадо, согласно которому 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л.				

После заполнения таблицы 1, необходимо принять значения концентрации пыли в газе ($K_{\text{П}}$, г/м³) и содержания железа в пыли ($\text{Fe}_{\text{П}}$, %), и определить потери железа с пылью ($G_{\text{П}}$) по уравнению (5).

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

$$G_{\text{М}} = G_{\text{Ч}} + G_{\text{Л}} + g^{\text{НМ}} - \Sigma g_{\text{Е}} - g^{\text{ШЛ}} - G_{\text{В}} - g_{\text{МШ}} - G_{\text{П}}, \text{ кг.} \quad (6)$$

Полученные данные материального баланса кислородно-конвертерной плавки сводятся в таблицу 2. Разница между «Задано» и «Получено» в таблице 2, относят на статью «Невязка».

Таблица 2 – Материальный баланс плавки

Задано		Получено	
Наименование	т	Наименование	т
Чугун жидкий		Металл жидкий	
Лом металлический		Шлак	
Окатыши		Газ	
Известь		Избыток дутья	
Плавиковый шпат		Выносы и выбросы	
Дутье		Потери железа с пылью	
Футеровка конвертера		Невязка	
Итого		Итого	

Расчет считается верным, если невязка не превышает 5 %. Составление теплового баланса плавки и определение температуры металла

Форма представления результата:

Расчет материального баланса заданной марки стали.

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.

Практическая работа №30. Изучение конструкции фурменного устройства

Цель работы: изучить устройства отделения перелива чугуна

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Теоретический материал

Оборудование

Мультимедийный тренажер Sike «Машинист дистрибутора ККЦ»

Порядок выполнения работы:

3 Повторить теоретический материал по теме: Кислородно-конвертерный процесс с верхней продувкой.

4 Изучить устройство конвертерного отделения.

Краткие теоретические сведения

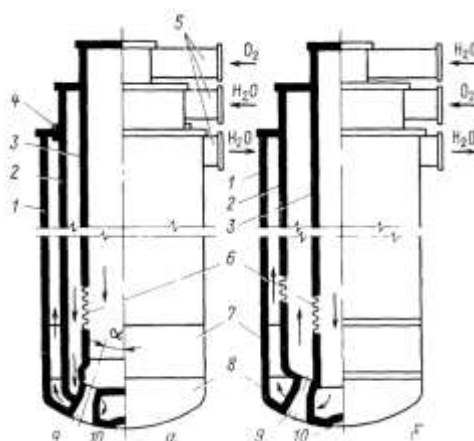
Кислород подают в конвертер через вертикально расположенную водоохлаждаемую фурму, которую вводят в полость конвертера через горловину строго по его оси. Давление кислорода перед фурмой составляет 1,0-1,6 МПа. Высоту фурмы над ванной можно изменять и обычно она находится в пределах 1,0-4,8 м от уровня ванны в спокойном состоянии. Поднимают и опускают фурму с помощью механизма, сблокированного с механизмом вращения конвертера. Конвертер нельзя повернуть, пока из него не удалена фурма. Скорость подъема и опускания фурмы изменяется в пределах 0,1-1 м/с.

Применяемые в современных кислородных конвертерах многосопловые фурмы выполняют из трех concentрично расположенных стальных труб, снабженных внизу головкой (наконечником) с соплами. Полости, образованные трубами, служат для подачи к головке кислорода, подвода и отвода охлаждающей воды. Для конвертеров вместимостью от 150 до 350 т длина фурм находится в пределах от 16 до 26 м.

Известны две разновидности конструкции фурм: с центральной подачей кислорода (рисунок 1,а) и с центральной подачей воды (рисунок 1,б). Чтобы избежать разрушения фурмы в результате напряжений, вызываемых различным тепловым расширением труб (наружная труба удлиняется сильнее, чем более холодные внутренние), в фурме предусматривают компенсирующие устройства. В фурмах с центральным подводом кислорода на внутренней трубе устанавливают сильфонный компенсатор (гофрированный металлический шланг) в

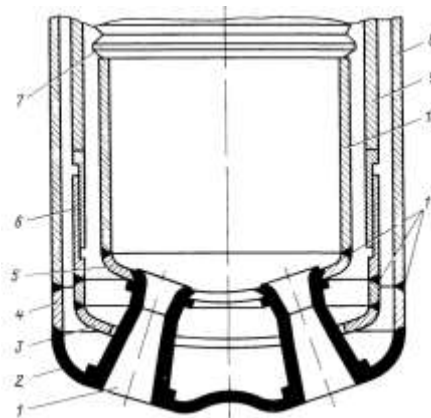
сочетании с телескопическим соединением на средней трубе (рисунок 2), либо предусматривают подвижное сальниковое уплотнение сверху наружной трубы в сочетании с сильфонным компенсатором на внутренней трубе (см. рисунок 1,а).

В фурмах с центральным подводом воды устанавливают сильфонные компенсаторы на внутренней и средней трубах (см рисунок 1,б)



1—3 — стальные трубы, 4 — сальниковое уплотнение, 5 — патрубки для подачи кислорода и воды, 6 — компенсатор, 7 — сменная часть наружной трубы, 8 — головка фурмы, 9 — сопло, 10 — выемка

Рисунок 1 — Многосопловые кислородные фурмы с центральной подачей кислорода (а) и воды (б)



1 — сопло Лавалья (медь) 2 — наружная тарелка (медь), 3 — распределитель воды, 4 — стальной патрубок, 5 — внутренняя тарелка, 6 — телескопическое соединение, 7 — компенсатор, 8—10 — стальные трубы 11 — места сварки при смене головки
Рисунок 2 — Сварная головка многосопловой фурмы

Головка фурмы является сменной. Головки выполняют сварными из медных и стальных элементов и в некоторых случаях литыми из меди. Сварная головка (см. рисунок 2) включает наружную тарелку 2 с патрубком 4, внутреннюю тарелку 5, вваренные в тарелки сопла 1 и распределитель воды 3. Головку обычно соединяют с трубами сваркой, места сварки при смене головки показаны на рисунке 1. Применяют также головки, соединяемые резьбой с внутренней и сваркой с наружной трубами фурмы.

Сопла и нижнюю тарелку сварных головок, обращенные в конвертере к зоне наиболее высоких температур (до 2600°C) выполняют из меди. Медь имеет низкую температуру плавления (1083°C), но благодаря высокой теплопроводности обеспечивает быстрый отвод и передачу тепла охлаждающей воде, поэтому даже в зоне высоких температур головка не перегревается и сохраняет прочность. Для изготовления головок применяют бескислородную медь марок М-0, М-1, сварку головок ведут под защитным газом.

Современные фурмы имеют в головке от четырех до шести-семи выходных сопел Лавалья, которые преобразуют энергию давления кислорода в кинетическую и обеспечивают сверхзвуковую скорость кислорода (~500 м/с) на выходе из сопла. Сопла располагают в головке веерообразно расходящимися. Рекомендуемые углы наклона оси сопел к вертикали α (рисунок 1) приведены ниже:

Воду для охлаждения фурм подают под давлением 0,8—1,2 МПа. Расход воды рассчитывают таким образом, чтобы перепад температур воды на входе и выходе не превышал 30 °С, для предотвращения выпадения из воды солей жесткости. По этой же причине карбонатная жесткость применяемой воды не должна превышать 70 мг экв/кг. Скорость воды во внешней трубе фурмы должна быть ≥ 5 м/с для предотвращения образования паровых пузырей. Максимальный расход воды на охлаждение фурмы конвертеров вместимостью 160, 250, 300 и 350 т составляет соответственно 175, 250, 350 и 500 м³/ч. Стойкость головок фурм составляет 50—150 плавов.

Срок службы головки зачастую определяется прогаром центральной части наружной тарелки и разгаром выходных кромок сопел. В первом случае необходимо улучшить охлаждение центральной части тарелки путем совершенствования конструкции распределителя (рис. 2), направляющего сюда воду, а также повышением давления и расхода воды. Повышению стойкости способствует устройство выемки в центральной части тарелки. Разгар выходных кромок сопел указывает на то, что при данных давлении и расходе кислорода велик диаметр выходного сечения сопел. Струя кислорода при этом расширяется в сопле и отрывается от его стенок, а в образующиеся зоны разрежения засасываются капли металла, вызывающие износ кромок. В связи с этим следует уменьшать выходное сечение сопел, чтобы кислородная струя не полностью расширялась в сопле.

На отечественных заводах традиционно применяют фурмы с центральной подачей кислорода. Недавно на 250-т конвертерах металлургического комбината им. Дзержинского

опробованы фурмы с центральной подачей воды; стойкость головок вследствие лучшего при этом их охлаждения оказалась в два раза большей, чем у фурм с центральной подачей кислорода.

В настоящее время успешно конструируют и эксплуатируют фурмы с числом сопел от четырех до шести. При семи и большем числе сопел сложная по конструкции головка быстро разрушается под воздействием термических напряжений. Поскольку увеличение числа сопел позволяет проводить продувку без выбросов при повышении расхода кислорода, разрабатывают и опробуют головки с числом сопел, превышающих шесть-семь.

Изучение устройства кислородной фурмы

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 кислородной фурмы



Тема 2.3 Основные металлургические технологии. Производство стали в мартеновских печах

Практическая работа №31. Изучение устройства мартеновских печей

Цель: 1) ознакомиться с устройством мартеновских печей;
2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

1. Изучить основные стадии ремонта сталевыпускного отверстия.
2. Ответить на вопросы, характеризующие особенности производства стали.

Порядок выполнения работы:

- 1 Законспектировать теоретические основы.
- 2 Отразить в виде краткого конспекта..
- 3 Ответить на вопросы, характеризующие устройство мартеновской печи.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения:

Мартеновская печь по устройству и принципу работы является пламенной отражательной регенеративной печью. В плавильном пространстве сжигается газообразное топливо или мазут. Высокая температура для получения стали в расплавленном состоянии обеспечивается регенерацией тепла печных газов.

Современная мартеновская печь представляет собой вытянутую в горизонтальном направлении камеру, сложенную из огнеупорного кирпича.

Рабочее плавильное пространство ограничено снизу подиной, сверху сводом, а с боков передней и задней стенками. Подина имеет форму ванны с откосами по направлению к стенкам печи. В передней стенке имеются загрузочные окна для подачи шихты и флюса, а в задней – отверстие для выпуска готовой стали.

Для подогрева воздуха и газа при работе на низкокалорийном газе печь имеет два регенератора.

Регенератор – камера, в которой размещена насадка – огнеупорный кирпич, выложенный в клетку, предназначен для нагрева воздуха и газов.

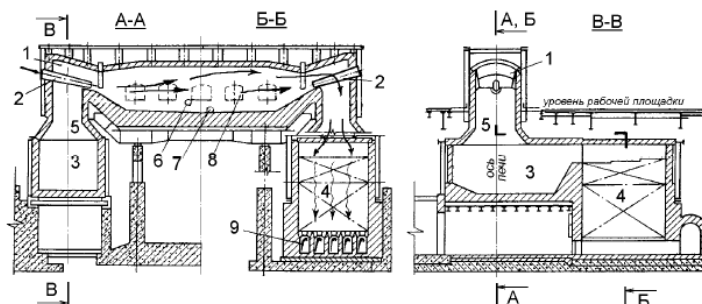
В конструкции печи выделяют две основные части:

- верхнее строение печи, состоящее из рабочего пространства и головок, расположенных на двух его концах и служащих попеременно для подачи газообразного топлива и воздуха, предварительно подогретого (подогретых) в регенераторе, и для отвода продуктов горения;
- нижнее строение печи, состоящее из шлаковиков для собирания пыли и шлаков, уносимых дымовыми газами, и регенераторов, аккумулирующих теплоту продуктов горения, с последующей её отдачей воздуху.

Мартеновский способ выплавки стали в свое время позволил из доступного сырья получать конструкционную и спецсталь как на больших, так и на малых металлургических предприятиях.

Мартеновская печь относится к типу отражательных печей.

Ванна, где идет плавка, выложена огнеупорным кирпичом. Над ванной — сферический свод. Продукты горения топлива, а вместе с ними и тепло отражаются от свода и направляются в ванну, где и расплавляют металл. Такая конструкция обеспечивает равномерное распределение тепла по всей площади ванны.



1 – головка печи, 2 – топливосжигающее устройство, 3 – шлаковик, 4 – регенератор, 5 – вертикальный канал, 6 – шлаковая летка, 7 – сталевыпускное отверстие, 8 – завалочные окна, 9 – дымовые каналы (борова)

Рисунок 1 – Схема мартеновской печи

Принцип работы мартеновской печи

Принцип работы мартеновской печи основан на любопытном свойстве сплавов, называемых эвтектическими или просто эвтектиками.

Иногда эвтектики называют твердыми растворами, но это неверно. В растворе вещества смешиваются на молекулярном или субмолекулярном (кластерном) уровне, а микроструктура эвтектик хорошо видна под обычным оптическим микроскопом.

Эвтектики широко используются в промышленности и в быту: латунь, бронза, свинцово-оловянные припои это эвтектические сплавы 2-х и более металлов.

Чугун и простая конструкционная сталь представляют собой эвтектики железа и углерода, а легированная сталь – сложную эвтектику их же с легирующими присадками.

В зависимости от состава шихты, используемой при плавке, различают разновидности мартеновского процесса:

- скрап-процесс, при котором шихта состоит из стального лома (скрапа) и 25-45 % чушкового передельного чугуна, процесс применяют на заводах, где нет доменных печей, но много металлолома;
- скрап-рудный процесс, при котором шихта состоит из жидкого чугуна (55-75 %), скрапа и железной руды, процесс применяют на металлургических заводах, имеющих доменные печи.

Мартеновские печи бывают двух типов — стационарные и качающиеся.

Большинство печей стационарные.

Качающиеся обычно применяются для переработки фосфористых чугунов, так как при этом требуется несколько раз «скачивать» богатый фосфором шлак, что легче осуществлять на качающихся печах. Они могут отапливаться жидким (мазутом) или газообразным (природный, смешанный, генераторный газ) топливом.

Смешанный газ (коксовый и доменный) и генераторный газ, обладающие недостаточной теплотой сгорания, перед поступлением в рабочее пространство подогреваются в регенераторах примерно до 1150 градусов.

Природный газ и мазут используются без подогрева.

Кислород, служащий для интенсификации горения топлива, вводится через фурмы, помещенные в головках печи, а подаваемый для продувки ванны — через фурмы, опускаемые в отверстия в своде.

Некоторое количество топлива может поступать вместе с кислородом в рабочее пространство печи с помощью топливо-кислородных горелок, также опускаемых через свод.

Печи, отапливаемые низкокалорийными видами газообразного топлива, имеют две пары шлаковиков и две пары регенераторов (для подогрева газа и подогрева воздуха), располагаемых попарно соответственно под каждой головкой печи; отапливаемые мазутом или природным газом имеют под каждой головкой по одному шлаковику и одному регенератору — только для подогрева воздуха.

Несмотря на наличие регенераторов, отходящие газы перед дымовой трубой имеют температуру 400-800 градусов.

Для утилизации этого тепла за печью устанавливают котлы-утилизаторы. Печи оборудованы контрольно-измерительной аппаратурой, позволяющей не только контролировать их работу, но и автоматически поддерживать заданный тепловой режим в различные периоды плавки

Практическая работа №32 Расчет шихты первого периода

Цель: 1) освоить и закрепить указания по расчету состава шихты;
2) проверить полученные знания;
3) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

— подбирать и рассчитывать состав шихтовых материалов.

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

- 1 Изучить основные правила расчета состава шихты.
- 2 Рассчитать шихту первого периода.
- 3 Ответить на вопросы, характеризующие этапы расчета состава шихты.

Краткие теоретические сведения:

Исходными данными для расчета являются:

- садка печи в тоннах;
- расход жидкого чугуна и металлического лома на плавку в процентах от массы металлошихты;
- состав чугуна в процентах;
- выплавляемая марка стали;
- интенсивность продувки ванны техническим кислородом.

Заданные величины не могут быть изменены в процессе расчета, однако, это только часть необходимых сведений. Остальные данные выбираются самостоятельно, руководствуясь справочной литературой или практикой работы мартеновских цехов.

В качестве примера ниже приведен расчет шихты для выплавки стали СтЗсп в основной мартеновской печи садкой 500 тонн скрап-рудно-кислородным процессом при следующих условиях: содержание чугуна и лома в металлозавалке соответственно 65 и 35%; чугун содержит 4,2% углерода; 0,7% кремния; 0,7% марганца;

0,18% фосфора и 0,040% серы; интенсивность продувки кислородом – умеренная.

В результате расчета должны быть определены расходы материалов, необходимые для выплавки стали заданного количества и химического состава.

При расчете шихты необходимо распределить плавку на периоды: I - от начала завалки до полного расплавления шихты; II - от расплавления до раскисления.

Расчет рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- определение среднего состава металлической шихты;
- определение состава металла по расплавлению;
- определение количества железной руды и известняка в завалку;
- расчет количества технического кислорода в первый период плавки;
- определение состава металла перед раскислением;
- определение количества железной руды и извести во второй период плавки;
- расчет количества технического кислорода во второй период плавки;
- определение расхода шихтовых материалов на плавку.

Расчет шихты первого периода

В начале расчета необходимо определить параметры, характеризующие состояние ванны жидкого металла в конце плавки: массу металла и его химический состав, а также принять химический состав шихтовых материалов.

В соответствии с заданием садка мартеновской печи составляет 500 тонн, то есть в конце плавки в печи масса жидкого металла должна быть равна 500 тонн. Так как в процессе окислительного рафинирования происходит окисление элементов металла и неизбежны потери железа, то исходная масса металлических материалов, из которых получают сталь (масса чугуна и лома), должна быть больше массы жидкой стали. Определение массы каждого из металлических материалов, загружаемых в мартеновскую печь, является одной из задач расчета плавки.

Химический состав стали любой марки регламентируется стандартами или оговаривается с заказчиком и должен соответствовать установленным требованиям.

В примере расчета выплавляется сталь марки СтЗсп, состав которой приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав выплавляемой стали

Марка стали	Массовая доля элементов, %				
	C	Mn	Si	P	S
СтЗсп	0,14-0,22	0,40-0,65	0,12-0,30	0,040	0,040

Следует учитывать то, что для осуществления безаварийной разливки стали на машинах непрерывного литья заготовок, содержание серы и фосфора в разливаемом металле не должно превышать 0,025 и 0,015% соответственно. Исходная концентрация элементов в металлошихте существенно превышает их содержание в марочном составе выплавляемой стали. Поэтому удаление избытка элементов (в основном углерода) является одной из главных задач окислительного рафинирования в процессе мартеновской плавки. Плавку желательно прекратить тогда, когда достигнуто требуемое содержание углерода в металле ($[C]_M$). Для марки СтЗсп это любое значение из марочного интервала 0,14-0,22% (см. таблицу 1). Однако целесообразно ориентироваться на среднее значение из интервала: нижний предел – середина марочного интервала (0,14-0,18%). Это связано с возможностью поступления углерода в металл при раскислении ферросплавами (особенно углеродистым ферромарганцем).

Следует иметь в виду, что получение стали с содержанием углерода ближе к верхнему пределу предпочтительнее с точки зрения продолжительности плавки, расхода окислителей и раскислителей, массы жидкого металла и других технико-экономических показателей.

Таким образом, плавка стали должна быть прекращена, когда в металле останется такая концентрация углерода, при которой последующий ввод материалов (раскислителей и легирующих) не приведет к выходу ее за указанные маркой стали пределы. Учитывая все вышеизложенное, выбираем содержание углерода в стали перед раскислением $[C]_{\text{раск}} = 0,15\%$.

Химический состав чугуна указан в задании. 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% углерода; 0,15-0,25% кремния; 0,4-0,5% марганца; менее 0,05% фосфора и серы. Принимаем следующий состав лома: $[C]_L = 0,2\%$; $[Si]_L = 0,15\%$; $[Mn]_L = 0,5\%$; $[P]_L = 0,05\%$; $[S]_L = 0,05\%$. Данные о химическом составе чугуна и лома сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Химический состав металлошихты

Материал	Содержание, %				
	C	Mn	Si	P	S
Чугун жидкий	4,2	0,7	0,7	0,18	0,040
Лом металлический	0,2	0,5	0,15	0,050	0,050

Кроме основных компонентов металлошихты в печь во время завалки присаживают твердые окислители, флюсы, разжижители. В шлакообразовании принимает участие футеровка печи. В производственных условиях вместе с жидким чугуном в печь попадает шлак, называемый миксерным шлаком. Лом всегда частично окислен с поверхности и поступает в печь с некоторым количеством мусора: песком (основной компонент – 95% SiO_2) и глиной (Al_2O_3). Необходимые для расчета химические составы некоторых материалов (неметаллической части шихты, свода, пода, загрязнений лома и окалина) приведены в таблице 3. Расчет ведется на 100 кг металлической завалки.

1 Определение среднего состава металлической шихты

Расчет шихты первого периода плавки (до расплавления) начинается с определения среднего состава металлошихты. Средний химический состав металлической шихты определяем в соответствии с расходами чугуна и лома на плавку и их химическим составом. Полученные данные сводим в таблицу 4.

При проверке правильности расчета среднего состава металлошихты следует иметь в виду, что среднее содержание каждого элемента в металлошихте должно находиться в интервале: содержание элемента в чугуне – содержание элемента в ломе.

Таблица 4 - Определение среднего химического состава металлошихты

Комп онент ы	Рас ход, кг	Внесено в шихту, кг/100кг шихты				
		C	Si	Mn	P	S
Чугун	65	$65 \cdot 4,2 \cdot 0,01 = 2,730$	$65 \cdot 0,7 \cdot 0,01 = 0,455$	$65 \cdot 0,7 \cdot 0,01 = 0,455$	$65 \cdot 0,18 \cdot 0,01 = 0,117$	$65 \cdot 0,04 \cdot 0,01 = 0,026$
Лом	35	$35 \cdot 0,2 \cdot 0,01 = 0,070$	$35 \cdot 0,15 \cdot 0,01 = 0,052$	$35 \cdot 0,5 \cdot 0,01 = 0,175$	$35 \cdot 0,05 \cdot 0,01 = 0,018$	$35 \cdot 0,05 \cdot 0,01 = 0,018$
Всего в шихт е	100	2,800	0,507	0,630	0,135	0,044

2 Определение состава металла по расплавлению

Содержание углерода

Содержание углерода в металле по расплавлению должно обеспечивать получение металла с заданным содержанием углерода с учетом расхода углерода на проведение доводки и науглероживания металла при раскислении и легировании стали:

$$[\%C]_{\text{распл}} = [\%C]_{\text{раск}} + \Delta[\%C], \quad (1)$$

где $[\%C]_{\text{раск}}$ - содержание углерода перед раскислением;

$\Delta[\%C]$ - превышение содержания углерода для проведения доводки, %.

Содержание углерода в металле перед раскислением, обеспечивающее после введения ферросплавов среднее маркировочное его содержание в готовой стали, было установлено ранее - $[C]_{\text{раск}} = 0,15\%$.

Уменьшение концентрации углерода в отдельные периоды плавки может изменяться в широких пределах $\Delta[C] = 0,2-1,0\%$ в зависимости от вместимости печи, принятого технологического режима плавки и т. д. Минимальное превышение содержаний углерода в металле для проведения периода доводки принимаем согласно данным таблицы 5.

Таблица 3 - Химический состав материалов мартеновской плавки

Наименовани е материала	Содержание компонентов, %										
	SiO ₂	Al 2O ₃	Mn O	CaO	Mg O	P ₂ O ₅	Zn* 1	Fe ₂ O ₃	FeO	CO ₂	H ₂ O
Руда железная	8,20	2,50	0,30	2,80	0,55	0,05	14,4 0	78,9 0	1,60	3,30	1,80
Окалина	2,90	0,50	0,50	1,20	0,76	0,04	5,90	40,5 0	52,5 5	-	1,00
Агломерат	8,00	2,20	0,28	12,2 0	0,53	0,04	23,2 5	68,0 0	18,0 0	-	0,75
Известняк	1,70	0,80	-	53,5 0	0,70	0,03	56,7 3	0,70	-	41,2 0	1,37
Известь	2,78	1,31	-	87,3 7	1,14	0,05	92,5 6	1,14	-	5,72	0,49
Боксит	10,0 0	51,6 8	-	1,00	0,20	0,12	63,0 0	26,0 0	-	1,00	10,0 0
Доломит обож.	2,75	2,38	-	55,8 1	35,6 8	0,09	96,7 1	1,38	-	1,10	0,36
Доломит	1,50	1,30	-	30,5	19,5	0,05	52,8	1,00	-	44,1	2,00

сырой				0	0		5			5	
Магнетитовый порошок	3,00	2,00	-	3,20	88,20	-	96,40	3,00	-	0,40	0,20
Материал свода	5,00	4,00	-	2,00	68,00	-	79,00	11,00	10,00	-	-
Загрязнения лома	75,00	25,00	-	-	-	-	100,00	-	-	-	-
Окалина лома ²	-	-	-	-	-	-	-	69,00	31,00	-	-

¹ - содержание шлакообразующих оксидов, кроме оксидов железа и летучих;

² - окалину принимаем, состоящей из Fe_3O_4 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)

Для умеренной продувки 500 т плавки минимальное уменьшение концентрации углерода в период доводки $\Delta[\text{C}]$ составляет 0,4%. Принимаем $\Delta[\text{C}] = 0,7\%$.

$$\text{Тогда } [\%C]_{\text{распл}} = [\%C]_{\text{раск}} + \Delta[\%C] = 0,15 + 0,70 = 0,85\%.$$

Таблица 5 - Уменьшение концентрации углерода в период доводки

Режим продувки ванны кислородом	Емкость печи, т		
	200-300	400-600	900
Без продувки	0,35	0,30	0,25
Умеренная продувка	0,60	0,40	0,30
Интенсивная продувка	0,80	0,60	0,50

Содержание кремния

При основном процессе кремний в первом периоде плавки окисляется полностью до следов. Поэтому $[\%Si] = 0$.

Содержание марганца

В зависимости от содержания марганца в шихте, интенсивности продувки ванны кислородом в период плавления и режима спуска шлака остаточное содержание марганца в металле по расплавлению составляет 10-20% от его среднего содержания в металлошихте.

При умеренной продувке ванны кислородом (7 - 10 м³/т·ч) и обильном спуске шлака в период плавления (более 50% от образовавшегося) принимаем остаточное содержание марганца равным 18% от его средних значений в металлошихте.

$$\text{Тогда } [\text{Mn}]_{\text{распл}} = [\text{Mn}]_{\text{шихт}} \cdot 18 \cdot 0,01 = 0,630 \cdot 18 \cdot 0,01 = 0,11\%.$$

Содержание фосфора

В зависимости от содержания фосфора в шихте, интенсивности продувки ванны кислородом и режима спуска шлака, остаточное содержание фосфора в металле по расплавлению составляет 15-25% от его содержания в металлошихте. Для умеренной продувки и интенсивного спуска шлака принимаем эту величину равной 17%.

$$\text{Тогда } [\text{P}]_{\text{распл}} = [\text{P}]_{\text{шихт}} \cdot 17 \cdot 0,01 = 0,135 \cdot 17 \cdot 0,01 = 0,023\%.$$

Содержание серы

В зависимости от содержания серы в металлошихте и топливе, количества спускаемого шлака и его основности, остаточное содержание серы в металле по расплавлению составляет 80-100% (и более) от первоначального ее содержания в шихте.

В расчете принимаем эту величину равной 85%.

$$\text{Тогда } [\text{S}]_{\text{распл}} = [\text{S}]_{\text{шихт}} \cdot 85 \cdot 0,01 = 0,044 \cdot 85 \cdot 0,01 = 0,037\%.$$

Таким образом, в металле по расплавлению содержится: 0,85% углерода; 0% кремния; 0,11% марганца; 0,023% фосфора; 0,037% серы.

Практическое занятие № 33 Расчет шихты первого периода

Цель работы: Научиться определять количество металлической шихты в зависимости от марки стали и типа и садки печи.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать оптимальные технологические процессы получения металла.

Материальное обеспечение:

ГОСТ на сталь, ТУ предприятия на шихтовые материалы и другие виды присадок.

Задание:

Ознакомится с основными определениями и терминами на шихтовые материалы. Ознакомится с основными этапами расчета шихты. Рассчитать количество металлической шихты для заданной печи и марки стали.

Краткие теоретические сведения:

Расчёт шихты производится в соответствии с заданной маркой стали и количеством углерода, который в этой стали содержится. Для этого определяют технологию плавки и тип печи, где эта сталь выплавляется. Расчет шихты ведётся на углерод. Вся шихта делится на передельный чугун и стальной лом. Если печь мартеновская, угар углерода принимается в пределах 40-60 %, и по этому угару считается содержание науглероживателя (передельного чугуна). Если же сталь выплавляется в электропечи, угар углерода уменьшается до 10-15 %, а науглероживателем может являться кокс.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить и законспектировать основные правила расчета состава шихты.
- 2 Рассчитать шихту первого периода.
- 3 Сделать вывод.

Ход работы:

- 1 Изучить и законспектировать основные правила расчета состава шихты.
- 2 Рассчитать шихту первого периода согласно своему варианту.
- 3 Ответить на вопросы, характеризующие этапы расчета состава шихты.
5. Выводом к работе является полученные данные.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Приложение А Варианты индивидуальных заданий

Номер вари- анта	Садк а печи, т	Интенсивнос ть продувки	Состав чугуна, %					Металлоз авалка, %		Марк а стали
			C	Si	Mn	P	S	Чугу н	Лом	

1	900	интенсивн.	4,6	0,5 0	0,2	0,0 5	0,02 0	74	26	05
2	650	интенсивн.	4,5	0,5 5	1,5	0,1 5	0,04 0	72	28	08
3	600	уметенная	4,5	0,6 0	0,3	0,0 6	0,01 7	70	30	08кп
4	500	умеренная	4,4	0,6 5	1,6	0,1 4	0,03 9	68	32	10
5	450	слабая	4,4	0,7 0	0,4	0,0 7	0,01 6	66	34	10кп
6	440	слабая	4,3	0,8 0	1,4	0,1 3	0,03 6	64	36	20
7	420	уметенная	4,3	0,9 0	0,5	0,0 8	0,01 5	62	38	20кп
8	400	умеренная	4,2	1,0 0	1,3	0,1 2	0,03 5	60	40	30
9	360	интенсивн.	4,1	1,1 0	0,6	0,0 9	0,02 2	58	42	40
10	350	интенсивн.	4	1,2 0	1,2	0,1 1	0,03 3	56	44	45
11	340	уметенная	3,9	1,3 0	0,7	0,1 0	0,02 4	76	24	50
12	300	умеренная	4	1,1 0	1,1	0,0 9	0,03 1	78	22	09Г2
13	250	слабая	4,4	0,7 5	0,8	0,0 8	0,02 6	80	20	14Г2
14	200	слабая	4,4	0,7 0	1,0	0,0 7	0,02 9	75	25	12ГС
15	600	уметенная	4,5	0,6 0	0,9	0,0 4	0,02 7	65	35	16ГС
16	500	умеренная	4,6	0,8 0	0,2	0,0 2	0,01 5	74	26	17Г1 С
17	450	интенсивн.	4,5	0,9 0	0,3	0,0 3	0,02 0	72	28	35ГС
18	440	интенсивн.	4,4	0,7 0	0,4	0,0 5	0,02 6	70	30	25Г2 С
19	420	уметенная	4,3	1,1 0	0,6	0,0 7	0,01 8	68	32	20Г
20	400	умеренная	4,4	0,5 0	0,7	0,0 9	0,03 2	66	34	30Г
21	360	слабая	4,5	1,3 0	0,5	0,1 2	0,02 2	64	36	40Г
22	350	слабая	4,4	0,8 0	0,3	0,1 5	0,02 5	62	38	15Г

Приложение Б
Химический состав сталей

Марка стали	Содержание, %							
	С	Mn	Si	Cr	S	P	Cu	Ni
	не более							
Сталь 05	до	до 0,4	до	0,10	0,04	0,035	0,25	0,25

	0,06		0,03		0			
Сталь 08	0,05-0,12	0,35-0,65	0,17-0,37	0,10	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 08 кп	0,05-0,11	0,25-0,50	до 0,03	0,10	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 10	0,07-0,14	0,35-0,65	0,17-0,37	0,15	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 10 кп	0,07-0,14	0,25-0,50	до 0,07	0,15	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 15	0,12-0,19	0,35-0,65	0,17-0,37	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 20	0,17-0,24	0,35-0,65	0,17-0,37	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 20 кп	0,17-0,24	0,25-0,50	до 0,07	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 25	0,22-0,30	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 30	0,27-0,35	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 35	0,32-0,40	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 40	0,37-0,45	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 45	0,42-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 50	0,47-0,55	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,04 0	0,035	0,25	0,25
Сталь 09Г2	До 0,12	1,4-1,8	0,17-0,37	0,3	0,04 0	0,035	0,3	0,3
Сталь 14Г2	0,12-0,18	1,2-1,6	0,17-0,37	0,3	0,04 0	0,035	0,3	0,3
Сталь 12ГС	0,09-0,15	0,8-1,2	0,5-0,8	0,3	0,04 0	0,035	0,3	0,3
Сталь 16ГС	0,12-0,18	0,44-0,7	0,9-1,2	0,3	0,04 0	0,035	0,3	0,3
Сталь 17ГС	0,14-0,20	1,0-1,4	0,4-0,6	0,3	0,04 0	0,035	0,3	0,3
Сталь 17Г1С	0,15-0,20	1,15-1,6	0,4-0,6	0,3	0,04 0	0,035	0,3	0,3
Сталь 09Г2С	до 0,12	1,3-1,7	0,5-0,8	0,3	0,04 0	0,035	0,3	0,3
Сталь 10Г2С1	До 0,12	1,3-1,65	0,8-1,1	0,3	0,04 0	0,035	0,3	0,3
Сталь 35ГС	0,30-0,37	0,80-1,20	0,60-0,90	0,3	0,04 5	0,040	0,3	0,3
Сталь 25Г2С	0,20-0,29	1,20-1,60	0,60-0,90	0,3	0,04 5	0,040	0,3	0,3
Сталь 15Г	0,12-0,19	0,70-1,0	0,17-0,37	0,3	0,03 5	0,035	0,3	0,3
Сталь 20Г	0,17-0,24	0,70-1,00	0,17-0,37	0,3	0,03 5	0,035	0,3	0,3

Сталь 30Г	0,27- 0,35	0,70- 1,00	0,17- 0,37	0,3	0,03 5	0,035	0,3	0,3
Сталь 40Г	0,37- 0,45	0,70- 1,00	0,17- 0,37	0,3	0,03 5	0,035	0,3	0,3

Практическое занятие № 34 Определение основных показателей работы печи

Цель работы: Формирование умения производить расчеты основных параметров мартеновских печей

Материальное обеспечение:

ГОСТ на сталь, ТУ предприятия на шихтовые материалы.

Задание

1. Определить садку печи
2. Рассчитать площадь ванны
3. Рассчитать высоту свода
4. Сделать вывод

Порядок выполнения работы

Важным размером мартеновской печи является высота свода (расстояние от порога рабочих окон до наиболее поднятой точки свода внутри печи против среднего рабочего окна).

В таблице 2 (приложение А) приведены высота свода и отношение свободного объема рабочего пространства к садке для различных печей.

Высоту свода можно также определить, если принять свободный объем рабочего пространства на 1 тонну садки равным 0,65—1,5 м³, причем чем больше садка печи, тем меньше удельный объем свободного пространства.

Высота свода может быть определена по формуле:

$$H = V / S ,$$

где H — высота свода, м;

V — свободный объем рабочего пространства, м³;

S — площадь пода, м².

Полученную высоту свода необходимо сопоставить с данными таблицы 2 (приложение).

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе, выводы, устное сообщение

Практическое занятие № 35 Сравнение показателей работы мартеновских печей по материалам цеха

Цель работы:

научиться сравнивать и анализировать показатели работы различных мартеновских печей

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

сравнивать и анализировать показатели работы различных доменных печей

Материальное обеспечение:

технологическая документация и материалы доменных цехов

Задание:

сравнить основные показатели работы печей, используя материалы доменного цеха

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическими указаниями по практическому заданию.
2. Выполнить задание.
3. Оформить работу в тетради для практических занятий.

Ход работы:

1. Получить у преподавателя папку с документацией доменного цеха.
2. Получить исходный вариант с номером печей, подлежащих сравнению.
3. Составить сравнительную таблицу по анализируемым печам по следующим показателям:
 - полезный объем;
 - суточная и годовая производительность;
 - к.и.п.о.;
 - удельный расход кокса;
 - вид и расход используемого сырья;
 - себестоимость получаемого чугуна и т.д.
4. Сделать вывод по заполненной таблице.

Форма представления результата:

Сравнительную таблицу заполнить в тетради для практических работ

Тема 2.4 Основные металлургические технологии. Производство стали в электропечах

Практическая работа №36. Изучение устройства электропечей с применением программного обеспечения

Цель работы:

Изучить устройство электропечи

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Теоретический материал

Оборудование

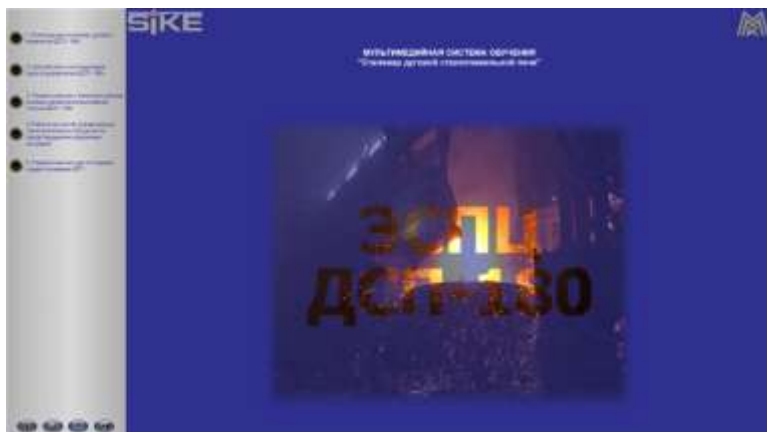
Мультимедийный тренажер Sike «Сталевар дуговой сталеплавильной печи»

Порядок выполнения работы:

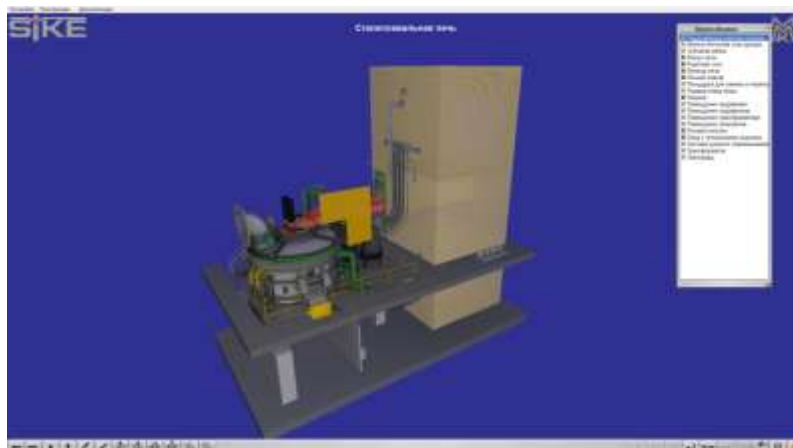
- 1 Повторить теоретический материал по теме: Устройство дуговых электросталеплавильных печей..
- 2 Изучить устройство электропечи.

Изучение устройство электропечи

- 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 сталеплавильная печь



Практическая работа №37. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи

Цель работы: выполнить выплавку заданной марки стали

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Сценарий выполнения работы

Оборудование

Тренажер. Сталевар ДСП

Порядок выполнения работы:

1 Повторить теоретический материал по теме: Технология плавки в дуговых печах.

2 Выполнить выплавку заданной марки стали.

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.).

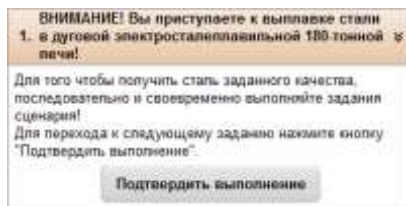
Задания сценария делятся на 2 типа:

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

3. На вкладке «Практикум» выберите следующую целевую марку стали и вариант шихтовки (Рисунок 1).

Рисунок 1. Начальные и целевые параметры



4. Задание №1 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».

Рисунок 2. Пример информационного задания

5. 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).

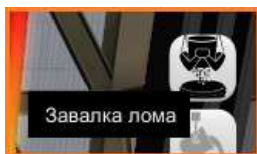
Рисунок 3. Панель управления стеновых газокислородных горелок и кислородных инжекторов



6. Задание №4 является информационным. Прочитайте его и для перехода к следующему заданию нажмите на кнопку «Подтвердить выполнение».

7. В заданиях №5-8 требуется произвести подготовку к завалке лома, для этого требуется отвести газоход, поднять свод печи, разблокировать и открыть портал.

8. В задании №9 необходимо произвести завалку лома. Для этого в области анимации нажмите на кнопку



«Завалка лома» (Рисунок 4).

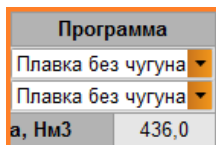
Рисунок 4. Кнопка «Завалка лома»

9. В заданиях №10-14 требуется произвести подготовку к плавлению металла. Для этого необходимо закрыть и заблокировать портал, опустить свод печи и закрыть газоход.

10. В задании №15 необходимо включить заземление. Для этого требуется на пульте управления «Заземление» перевести переключатель в положение «Вкл».

11. В задании №16 необходимо включить печь. Для этого требуется на пульте управления «Печной выключатель» повернуть тумблер в положение 1.

12. 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

13. В задании №19 требуется отдать порцию доломита в печь. Для этого в области анимации необходимо нажать кнопку «Отдать материалы» (Рисунок 6).

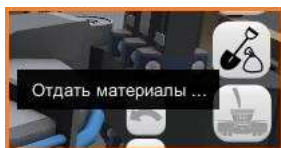


Рисунок 6. Кнопка «Отдать материалы»

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).

Отдать материалы												
Шлакообразующие (Ферросплавы)												
Материал	Задание, кг	Отдано	C	S	CaO	MgO	Al2O3	SiO2	FeO	CaF2	Fe2O3	CO2
Доломит	2000	0	0.00	0.00	64.60	26.00	1.00	6.56	0.00	0.00	0.75	2.25
Известь	0	0	0.00	0.00	91.70	1.10	0.57	1.48	0.00	0.00	0.35	3.50
Бокситовая иловка	0	0	02.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Шпат	0	0	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	19.80	0.00	78.56	0.06	1.00
Отдать в ДСП												

Рисунок 7. Вкладка «Шлакообразующие»

14. Задания №20-37 выполняются аналогично предыдущим.

15. 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

Материал	Задание, кг	Отдано	C	Si	Mn	S	P	Cr
Алюминий	0	0	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Науглероживатель	310	0	92.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Силикомарганец 17	0	0	1.00	17.70	66.70	0.02	0.06	0.00
Ферромарганец 75	1160	0	0.03	1.20	75.00	0.05	0.02	0.00
Ферросилиций 65	600	0	0.10	66.90	0.30	0.03	0.03	0.00
Феррохром	0	0	7.00	4.00	0.00	0.03	0.05	60.10

0,31	=	100	+	100	+	(	0.220	-	0.060	)
				92.000	+	(	100	-	0.100	)
C	=	0.00	+	0.000	+	(	100	-	0.000	)
				100	+				0	

Внимание! Данные ферросплавы будут поданы в ковш при сливе стали автоматически!

8).

Рисунок 8. Задание на подачу ферросплавов

16. Задания №43-44 выполняются аналогично предыдущим.

17. В задании №45 необходимо разблокировать печь. Для этого требуется отвести газоход и в панели управления «Наклон печи» нажать на кнопку с изображением открытого замочка.

18. 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 2.5 Современные технологии получения стали высокого качества

Практическая работа №38. Расчет раскисления и легирования металла в ковше

Цель работы: Научиться определять количество раскислителей и легирующих материалов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать оптимальные технологические процессы получения металла.

Материальное обеспечение:

ГОСТ на сталь

Задание:

Ознакомится с основными этапами расчета количество раскислителей и легирующих материалов. Рассчитать количество количество раскислителей и легирующих материалов, для заданной печи и марки стали.

Краткие теоретические сведения:

Раскисление обеспечивает снижение активности кислорода в металле до необходимых пределов. Эта операция обычно производится в ковше одновременно с легированием стали.

В зависимости от степени раскисленности металла различают три вида стали: кипящую, спокойную и полуспокойную.

Кипящая сталь содержит сравнительно много кислорода (0,02 – 0,08 %). Высокая окисленность кипящей стали достигается за счет пониженного содержания углерода, отсутствия в металле кремния и алюминия. Обычный состав кипящей стали: [%C]–0,05–0,20; [%Mn] –0,30–0,50; [%Si] < 0,03; [%Al] < 0,01.

Спокойная сталь содержит: [%O] ≤ 0,005, [%Mn]–0,5 – 0,8; [%Si]–0,15 – 0,35; [%Al]–0,02–0,10; [%C] колеблется в широких пределах. Легированные стали содержат некоторые дополнительные элементы (Cr, Ni, Mo, V, Ti, W и т.д.) или повышенное количество Si, Mn и Al.

В полуспокойной стали марганца несколько больше, чем в кипящей, а кремния и алюминия меньше, чем в спокойной стали. В полуспокойных сталях содержится обычно 0,05–0,3 %C; 0,05–0,17 %Si и 0,25–0,80 %Mn.

Раскислители присаживаются в ковш в количестве, обеспечивающем получение среднезаданного содержания элементов в готовой стали. Их расход можно рассчитать по уравнению [1]:

$$M_{\text{раск}} = \frac{M_{\text{Me}}}{100} \cdot \frac{[\%Э]_{\text{гот.ст.}} - [\%Э]_{\text{пер.раск.}}}{\frac{[\%Э]_{\text{ферроспл.}}}{[100]} \cdot \frac{100 - \% \text{ угара}}{100}} \quad \text{кг/100 кг металлозавалки,}$$

где [%Э]_{гот.ст.} – содержание элемента в готовой стали, %;

[%Э]_{пер.раск.} – содержание элемента перед раскислением, %;

[%Э]_{ферроспл.} – содержание элемента в ферросплаве, %;

% угара – угар элемента;

M_{Me} – масса металла, кг/100 кг металлозавалки.

Пример. Выполнить расчет раскисления и легирования стали марки 15ХСНД, если M_{Me} составляет 92 кг на 100 кг металлозавалки.

В таблице 1 приведен химический состав стали до и после раскисления, а в таблице 2 – состав ферросплавов.

Таблица 1 – Химический состав стали 15ХСНД

Наименование материала	Содержание элементов, %							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Cu	Ni
Готовая сталь 15ХСНД	0,12 - 0,18	0,40 - 0,70	0,40- 0,70	до 0,03 5	до 0,04 0	0,60 - 0,90	0,20 - 0,40	0,30 - 0,60
Сталь перед раскислением	0,10	0,22	следы	0,01 0	0,01 7	-	-	-

Таблица 2 – Химический состав ферросплавов

Ферросплав	Марка	Содержание элементов, %						
		C	Mn	Si	P	S	Fe	Cr
Ферросилиций	ФС75	0,1	0,4	75,0	0,05	0,02	24,43	-
Ферромарганец	ФМн88	2,0	88,0	3,0	0,10	0,02	6,88	0
Феррохром	ФХ200	2,0	-	1,5	0,03	0,02	26,45	20

Принят следующий угар элементов раскислителей: марганца – 15 %; кремния – 20 %, хрома – 10 %, алюминия – 80 %.

Определяем необходимое количество каждого ферросплава:

$$M_{FeMn} = \frac{92}{100} \cdot \frac{0,60 - 0,22}{0,88 \cdot 0,85} = 0,47 \text{ кг.}$$

Расход ферросилиция учитывает то количество кремния, которое поступило с ферромарганцем

$$M_{\text{FeSi}} = \frac{92}{100} \cdot \frac{0,60}{0,75 \cdot 0,80} - \frac{3}{75} (1 - 0,01 \cdot 20) = 0,89 \text{ кг},$$

$$M_{\text{FeCr}} = \frac{92}{100} \cdot \frac{0,8}{0,70 \cdot 0,90} = 1,17 \text{ кг}.$$

Угар никеля и меди практически равен 0. Они присаживаются в чистом виде.

$$M_{\text{Ni}} = \frac{92}{100} \cdot \frac{0,50}{1,0 \cdot 1,0} = 0,46 \text{ кг},$$

$$M_{\text{Cu}} = \frac{92}{100} \cdot \frac{0,30}{1,0 \cdot 1,0} = 0,28 \text{ кг},$$

$$M_{\text{Al}} = \frac{92}{100} \cdot \frac{0,03}{1,0 \cdot 0,2} = 0,14 \text{ кг}.$$

Порядок выполнения работы:

1. Получить папку с ГОСТами у преподавателя.
2. Выбрать марку стали для расчета шихты
3. Рассчитать количество раскислителей и легирующих

Практическая работа №39. Расчет процесса десульфурации стали в ковше твердой шлакообразующей смесью

Цель работы: Рассчитать процесс десульфурации стали в ковше твердой шлакообразующей смесью.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать оптимальные технологические процессы получения металла.

Материальное обеспечение:

ГОСТ на сталь

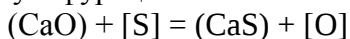
Задание:

Ознакомится с основными этапами расчета процесса десульфурации стали в ковше твердой шлакообразующей смесью.

Краткие теоретические сведения:

Содержание серы в качественной и высококачественной стали должно составлять в пределах 0,020 – 0,025 %, а для некоторых марок стали – не более 0,010 и даже 0,003 %.

Десульфурация стали протекает при наличии основных шлаков. Реакция десульфурации описывается уравнением:



$$K_S = \frac{a_{(\text{CaS})} \cdot a_{[\text{O}]}}{a_{(\text{CaO})} \cdot a_{[\text{S}]}}$$

Для обработки металла обычно используют базовую твердую шлакообразующую смесь (ТШС), присаживаемую под струю металла при выпуске его из сталеплавильного агрегата в ковш. При соблюдении рациональных технологических параметров обработки металла быстро формируется жидкоподвижный шлак с высокой десульфурующей способностью, обеспечивающий содержание серы в стали на уровне 0,010 – 0,015 %. Химический состав шлака может быть различным (см. таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Рекомендуемый химический состав рафинировочного шлака для сталей, раскисленных алюминием

	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	MnO
% вес	58–62	8–10	6–8	20–25	<0,5	0,13–0,15

Таблица 2 – Рекомендуемый химический состав рафинировочного шлака для не раскисленных алюминием сталей

	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaF ₂
%	58–62	8–10	6–8	5–8	<0,5	0,13–	5–10

вес						0,15	
-----	--	--	--	--	--	------	--

Также в качестве ТШС может использоваться смесь извести и плавикового шпата в соотношении (3–4):1

Для формирования в ковше низкоокисленного высокоосновного шлака оптимальный расход ТШС составляет 8–10 кг/т.

Расчет процесса десульфурации стали выполняется на основе балансового уравнения распределения серы между металлом и рафинировочным шлаком:

$$M_{\text{ме}} \cdot [S_{\text{н}}] = M_{\text{ме}} \cdot [S_{\text{к}}] + M_{\text{шл}} \cdot (S_{\text{с}})$$

или

$$M_{\text{ме}} \cdot ([S_{\text{н}}] - [S_{\text{к}}]) = M_{\text{шл}} \cdot (S_{\text{с}}) = M_{\text{шл}} \cdot L_{\text{с}} \cdot [S_{\text{к}}],$$

и, наконец,

$$[S_{\text{к}}] = \frac{[S_{\text{н}}]}{(1 + \lambda \cdot L_{\text{с}})},$$

где $M_{\text{ме}}$ – масса металла в ковше, т;

$M_{\text{шл}}$ – масса рафинировочного шлака в ковше, т;

$[S_{\text{н}}]$ и $[S_{\text{к}}]$ – содержание серы в металле до и после обработки в ковше, %;

$\lambda = \frac{M_{\text{шл}}}{M_{\text{ме}}}$ – кратность шлака;

$L_{\text{с}}$ – коэффициент распределения серы между шлаком и металлом.

При этом степень десульфурации $\eta_{\text{с}}$ равна:

$$\eta_{\text{с}} = \lambda \cdot L_{\text{с}} \cdot \frac{[S_{\text{к}}]}{[S_{\text{н}}]}$$

Уравнение, связывающее оба показателя эффективности процесса десульфурации $L_{\text{с}}$ и $\eta_{\text{с}}$, имеет вид:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{\lambda \cdot L_{\text{с}}}{(1 + \lambda \cdot L_{\text{с}})}$$

Уравнение для расчета коэффициента распределения серы L_S в зависимости от температуры, основности рафинировочного шлака и активности кислорода в металле имеет вид:

$$\lg L_S = \left(1,95 - \frac{8760}{T} \right) + 0,86 \frac{(\text{CaO}) + 0,05 \cdot (\text{MgO})}{(\text{SiO}_2) + 0,6 \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3)} - \lg a_0 + \lg f_s$$

где (CaO) , (Al_2O_3) , (SiO_2) , (MgO) – содержание оксидов в рафинировочном шлаке %;

f_s – коэффициент активности серы, растворенной в металле,

a_0 – активность кислорода, растворенного в металле, %;

T – температура металла, К.

При использовании для раскисления металла марганца, кремния и алюминия значение a_0 определяется содержанием алюминия, как наиболее сильного элемента раскислителя.

Значение a_0 , равновесное с алюминием, определяется по формуле:

$$K_{\text{Al}}^{\text{факт}} = [\text{Al}]^2 \cdot [\text{O}]^3,$$

где $[\text{Al}]$, $[\text{O}]$ – содержание алюминия и кислорода в металле, %.

При этом активность кислорода составляет:

$$a_0 = [\text{O}] = \sqrt[3]{\frac{K_{\text{Al}}^{\text{факт}}}{[\text{Al}]^2}}$$

Пример. Выполнить расчет обработки стали марки 15ХСНД ТШС следующего химического состава: 60 % CaO , 10 % SiO_2 , 24 % Al_2O_3 , 6 % MgO при расходе 10 кг/т. Температура металла на выпуске 1610°C.

Состав печного шлака (только оксиды, влияющие на коэффициент распределения серы): 68 % CaO ;

8 % MgO ;

21 % SiO_2 ;

3 % Al_2O_3 .

Принимаем, что в ковш попадает 3 кг/т печного шлака. Расчет количества оксидов, образующихся при раскислении стали, приведен в таблице 3.

Изменение состава рафинировочного шлака в ковше представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Количество оксидов, образующихся при раскислении стали (расчет на 1 тонну стали).

Элемент	Концентрация в стали, %	Угар элемента, %	Введено в сталь, %	Образуется оксидов, кг
Mn	0,60	0,11	0,71	1,42
Si	0,60	0,15	0,75	3,21
Cr	0,80	0,09	0,89	1,32
Al	0,03	0,12	0,15	2,27
Итого	-	-	-	8,22

Таблица 4 – Изменение состава рафинировочного шлака

Материал	Кол-во, кг	Состав шлака, кг					
		Cr ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	MnO
ТШС	10	-	6,0	2,4	1,0	0,6	-
Оксиды-продукты раскисления	8,22	1,32	-	2,27	3,21	-	1,42
Печной шлак	3	-	2,04	0,09	0,63	0,24	-
Футеровка ковша	0,2	-	0,01	-	-	0,19	-
Итого	21,4 2	1,32	8,05	4,76	4,84	1,03	1,42
Состав конечного рафинировочного шлака, %	100	6,2	37,6	22,2	22,5	4,8	6,7

Для ковша с периклазоуглеродистой футеровкой $K_{Al}^{факт} = 10^{-14}$ из выражения $K_{Al}^{факт} = [Al]^2 \cdot [O]^3$ при $[Al] = 0,03\%$, найдем степень раскисления металла a_0 :

$$a_0 = [O] = \sqrt[3]{\frac{K_{Al}^{факт}}{[Al]^2}} = \sqrt[3]{\frac{10^{-14}}{0,03^2}} = 2,23 \cdot 10^{-4};$$

$\lg a_0 = -3,65$. Коэффициент активности серы, растворенной в металле, можно принять равным 1 ($\lg f_s = 0$)

$$\lg L_s = \left(1,95 - \frac{8760}{1883}\right) + 0,86 \cdot \frac{37,6 + 0,05 \cdot 4,8}{22,5 + 0,6 \cdot 22,2} + 3,65 = 1,856$$

$$L_s = 10^{1,856} = 72$$

$$\eta_s = \frac{\lambda \cdot L_s}{(1 + \lambda \cdot L_s)} = \frac{0,02 \cdot 72}{(1 + 0,02 \cdot 72)} = 0,59 \text{ или } 59\%,$$

где λ – коэффициент кратности шлака,

$$\lambda = \frac{m_{шл}}{m_{Me}} = \frac{21,42}{1000} = 0,02.$$

Определим конечное содержание серы в металле после обработки твердой шлакообразующей смесью:

$$[S]_к = \frac{[S]_н}{1 + \lambda \cdot L_s} = \frac{0,017}{1 + 0,02 \cdot 72} = 0,007\%:$$

Практическая работа №40. Расчет модифицирования неметаллических включений

Цель работы: Рассчитать количество элементов модифицирования неметаллических включений.

Выполнив работу, Вы будете:
уметь:

- выбирать оптимальные технологические процессы получения металла.

Материальное обеспечение:

ГОСТ на сталь

Задание:

Ознакомится с основными этапами расчета количества элементов модифицирования неметаллических включений.

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, °С	851
Температура кипения, °С	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 1 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 %. 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, улучшении 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 $T_{\text{ликв}}$:

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

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:

$$\Delta[O]_i = a_0 - [O]_{\text{ликв}}^i$$

При этом образуется следующее количество неметаллических включений типа $(\text{Me}_x\text{O}_y)_i$, %:

$$M_{(\text{Me}_x\text{O}_y)_i} = \frac{\Delta[O]_i \cdot B_{(\text{Me}_x\text{O}_y)_i}}{B_o}$$

где $B_{(\text{Me}_x\text{O}_y)_i}$ – молекулярная масса оксида $(\text{Me}_x\text{O}_y)_i$ г;

B_o – масса кислорода в оксиде $(\text{Me}_x\text{O}_y)_i$, г.

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

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

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:

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

Состав образовавшихся докристаллизационных неметаллических включений определяется следующим образом, %:

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

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:

$$Q_{СК} = \frac{Q_{Ca}}{Ca}$$

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

Количество проволоки, необходимой на обработку расплава составляет, м:

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

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

Пример. Рассчитать длину порошковой проволоки, необходимой для модифицирования 148 т стали марки 15XCHД. 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:

$$T_{\text{ликв}} = 1812 -$$

$$(80 \cdot 0,15 + 7,5 \cdot 0,60 + 20 \cdot 0,60 + 34 \cdot 0,030 + 94 \cdot 0,030 + 3,5 \cdot 0,45) = \\ = 1778 \text{ K};$$

$$T_{\text{сол}} = 1812 -$$

$$(410 \cdot 0,15 + 20 \cdot 0,60 + 18,6 \cdot 0,60 + 940 \cdot 0,030 + 184 \cdot 0,030 + 4 \cdot 0,8 + \\ + 6,5 \cdot 0,45) = 1688 \text{ K}.$$

Расчет количества докристаллизационных неметаллических включений.

Раскисление марганцем

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

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

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

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 :

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

Раскисление алюминием

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

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

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

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

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

Количество докристаллизационных неметаллических включений типа Al_2O_3 составит:

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

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:

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

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

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

Расчет количества послекристаллизационных неметаллических включений

При температуре ликвидус минимальный уровень концентрации кислорода определяется равновесием с 0,03 % Al и составляет $[\text{O}]_{\text{Al}}^{\text{ликв}} = 0,00009 \%$ 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:

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

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

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:

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

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

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

Практическая работа №41. Расчет параметров продувки стали нейтральным газом

Цель работы: Рассчитать параметры продувки стали нейтральным газом.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбрать оптимальные технологические процессы получения металла.

Материальное обеспечение:

ГОСТ на сталь

Задание:

Ознакомится с основными этапами расчета параметров продувки стали нейтральным газом

Краткие теоретические сведения:

Для ускорения физико-химических процессов, происходящих в ходе внепечной обработки, в промышленных условиях используется продувка жидкой ванны нейтральным газом (обычно аргоном).

При продувке металла нейтральным газом обеспечивается:

– энергичное перемешивание жидкой ванны в ковше за счет формирования восходящего газометаллического циркуляционного потока в месте инъекции газа и нисходящих конвективных потоков стали по периферии;

– усреднение металла в ковше по химическому составу и по температуре, а также некоторая корректировка температуры перед разливкой за счет охлаждающего действия инжестируемого газа;

- повышение степени чистоты стали по неметаллическим включениям благодаря эффекту флотации во всплывающих пузырьках инжестируемого газа;

- ускорение расплавления и усвоения вводимых в жидкую ванну твердых реагентов, раскислителей, модификаторов и лигатур;

- дегазация стали за счет перемещения к поверхности порций металла, расположенных в нижней части ковша.

Эффективность обработки металла зависит от продолжительности продувки и от ее интенсивности:

- продувка с расходом газа до $0,5 \text{ м}^3/\text{т}$ стали достаточна для усреднения химического состава и температуры металла;

- продувка с интенсивностью до $1,0 \text{ м}^3/\text{т}$ влияет на удаление неметаллических включений;

- для эффективной дегазации необходим расход аргона $2 - 3 \text{ м}^3/\text{т}$ металла.

Влияние продолжительности продувки аргоном на химическую однородность углеродистой стали в 350-т ковше показано в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение химической неоднородности углеродистой стали при различной продолжительности продувки металла аргоном.

Элемент	Разность содержания, %, при длительности продувки, мин				
	0	2-4	5-8	9-10	11-14
C	0,015	0,010	0,011	0,008	0,005
Si	0,018	0,021	0,011	0,009	0,008
Mn	0,030	0,027	0,018	0,013	0,013
Al	0,006	0,006	0,004	0,004	0,002

Время перемешивания, необходимое для достижения 95 %-ной гомогенизации металла в ковше, можно определить по выражению, с:

$$\tau = (600 \pm 100) \cdot \varepsilon^{-0,40}$$

где ε – удельная мощность перемешивания, кВт/т.

При продувке металла в сталеразливочном ковше через донные фурмы удельную мощность перемешивания можно определить по уравнению:

$$\varepsilon_{\text{дн}} = 6,18 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{V \cdot T}{M} \right) \cdot \ln \left(1 + \frac{\rho \cdot g \cdot H}{P} \right)$$

где V – расход газа, м³/мин;

ρ – плотность металла, кг/м³;

g – гравитационное ускорение, м/с²;

P – давление поступающего газа, Па.

H – глубина газовыделения, м.

M – масса металла в ковше, т;

T – температура металла, К.

для $\rho = 7000$ кг/м³ и g

$= 9,81$ м/с²:

$$\varepsilon_{\text{дн}} = 0,014 \cdot \left(\frac{V \cdot T}{M} \right) \cdot \lg \left(1 + \frac{H \cdot 10^5}{1,46 \cdot P} \right)$$

Максимально возможный расход газа при этом составит, м³/мин:

$$V^{\text{max}} = (0,1 \div 0,15) \cdot \frac{273 \cdot 10^3 \cdot 60}{T \cdot \rho \cdot H / V} \cdot M$$

При продувке через погружную фурму расчеты выполняют следующим образом:

$$\tau = 800 \cdot \varepsilon^{-0,40}$$

$$\varepsilon_{\text{ф}} = \frac{8,32 \cdot Q \cdot T}{22,4 \cdot M} \left[\left(1 - \frac{T_{\text{окр}}}{T} \right) + \ln \left(1 + \frac{9,81 \cdot \rho \cdot H_{\text{ф}}}{P_{\text{a}}} \right) \right],$$

где Q – расход газа, л/с;

$T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, К;

$H_{\text{ф}}$ – глубина погружения фурмы, м;

P_{a} – атмосферное давление, Па.

При этом за глубину газовыделения принимается глубина погружения фурмы, и она должна быть на 0,5 м меньше высоты ковша, максимальный расход газа не должен превышать 1 м³/мин.

Расход инертного газа, достаточный для дегазации расплава, определяется по уравнению Геллера, м³/т:

$$V = \frac{2240}{m} \cdot K^2 \cdot P \cdot \left(\frac{1}{[C]_к} - \frac{1}{[C]_н} \right) + ([C]_к - [C]_н)$$

где m – молекулярная масса удаляемого газа;

K – константа равновесия реакции растворения;

P – давление над расплавом, МПа;

$[C]_н, [C]_к$ – начальное и конечное содержание газа, %.

Учитывая весьма малые значения содержаний водорода и азота в стали, уравнение можно упростить:

$$V = \frac{2240}{m} \cdot K^2 \cdot P \cdot \left(\frac{1}{[C]_к} - \frac{1}{[C]_н} \right)$$

Из данного уравнения, зная начальное содержание водорода, азота в стали и расход нейтрального газа, можно определить конечное содержание газов в стали, %:

$$[H]_к = \frac{1}{(V \cdot m_{H_2} / 2240 \cdot K_H^2 \cdot P + 1/[H]_н)}$$

$$[N]_к = \frac{1}{(V \cdot m_{N_2} / 2240 \cdot K_N^2 \cdot P + 1/[N]_н)}$$

При этом константы равновесия водорода и азота рассчитываются по формулам:

$$\lg K_H = -\frac{1900}{T} - 1,577$$

$$\lg K_N = -\frac{1500}{T} - 0,815$$

Пример. Рассчитать характеристики продувки металла аргоном в 160-т сталеразливочном ковше через донные фурмы и верхнюю погружную фурму.

Исходные данные: масса металла в ковше $M = 148$ т; температура металла $T = 1883$ К; высота металла в ковше $H = 4$

м; давление и расход поступающего из донных фурм аргона $P = 5 \text{ атм}$ ($5 \cdot 10^5 \text{ Па}$) и $V = 0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Удельная мощность перемешивания составит:

$$\varepsilon_{\text{ли}} = 0,014 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 1883}{148} \right) \cdot \lg \left(1 + \frac{4 \cdot 10^5}{1,46 \cdot 5 \cdot 10^5} \right) = 0,051 \text{ кВт/т}$$

Необходимое время перемешивания:

$$\tau = 500 \cdot 0,051^{-0,40} = 1644 \text{ с} = 27,4 \text{ мин.}$$

Для данных условий максимальный расход аргона составит:

$$V^{\text{max}} = 0,12 \cdot \frac{273 \cdot 10^3 \cdot 60}{1883 \cdot 7000 \cdot 4 / 0,5} \cdot 148 = 2,8 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Для расчета процесса дегазации стали во время продувки аргоном необходимо определить константы равновесия газов:

$$\lg K_{\text{H}} = -\frac{1900}{1883} - 1,577 = -2,59, K_{\text{H}} = 0,0026$$

$$\lg K_{\text{N}} = -\frac{1500}{1883} - 0,815 = -1,61, K_{\text{N}} = 0,025.$$

При начальных концентрациях в металле водорода и азота, равных 0,0008 % и 0,008 %, соответственно, находим содержание в металле водорода и азота после продувки:

$$[\text{H}]_{\text{к}} = \frac{1}{(2,8 \cdot 2 / 2240 \cdot 0,0026^2 \cdot 0,1 + 1 / 0,0008)} = 0,0002 \%$$

$$[\text{N}]_{\text{к}} = \frac{1}{(2,8 \cdot 28 / 2240 \cdot 0,025^2 \cdot 0,1 + 1 / 0,008)} = 0,0015 \%$$

Дополнительные данные для расчета продувки через погружную фурму: температура окружающей среды $T_{\text{окр}} = 293\text{К}$; атмосферное давление $P_{\text{a}} = 10^5 \text{ Па}$; глубина погружения фурмы $H_{\text{ф}} = 3,5 \text{ м}$, расход $Q = 40 \text{ м}^3/\text{час} = 11,11 \text{ л/с}$.

Удельная мощность перемешивания составит:

$$\varepsilon_{\text{ф}} = \frac{8,32 \cdot 11,11 \cdot 1883}{22,4 \cdot 148} \left[\left(1 - \frac{293}{1883} \right) + \ln \left(1 + \frac{9,81 \cdot 7000 \cdot 3,5}{10^5} \right) \right] = 89,8 \text{ кВт/т}$$

Время перемешивания при этом:

$$\tau = 800 \cdot 89,8^{-0,40} = 2,2 \text{ мин}$$

Тема 2.6 Разливка стали. Кристаллизация слитка

Практическая работа №42. Изучение конструкции МНЛЗ

Цель: 1) ознакомиться с устройством МНЛЗ;
2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

– находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

1. Изучить типы МНЛЗ.
2. Ответить на вопросы, характеризующие особенности производства стали.

Порядок выполнения работы:

- 1 Законспектировать теоретические основы.
- 2 Оразить в виде краткого конспекта..
- 3 Ответить на вопросы, характеризующие устройство мартеновской печи.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

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). 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 стыкам 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).

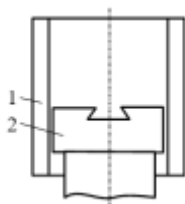
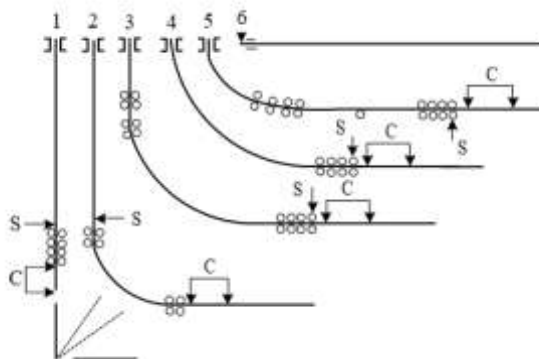


Рисунок 1. Затравка: 1 – кристаллизатор; 2 – головка затравки

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; C – зона порезки заготовки; S – конец затвердевания

Рисунок 2. Принципиальные схемы установок непрерывной разливки стал:

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)

Применение таких машин для литья цветных металлов в последние годы расширяются. На рисунки 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 вайербасов.

На двухручьевой МНЛЗ отливают слитки круглого (диаметром 90-105 мм) или квадратного сечений (размером от 90 x 90 до 105 x 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.

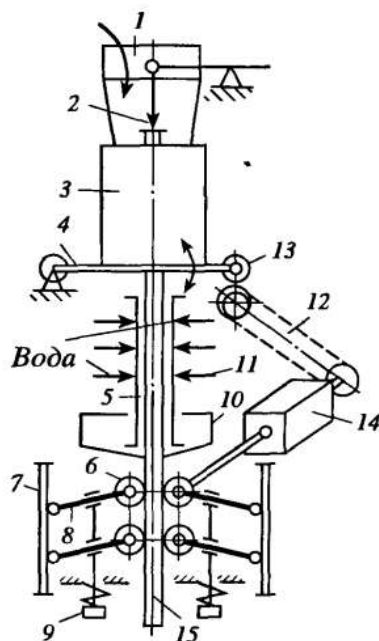


Рисунок 3 – Схема вертикальной двухручьевой МНЛЗ для отливки ватербасов

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 рольганг, который транспортирует их к участку резки на вайербасы.

Подобная линия обеспечивает производительность около 7 т/ч.

На рисунки 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.

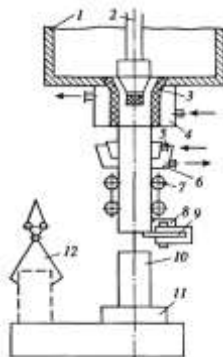


Рисунок 4 – Схема МНЛЗ с кристаллизатором, вмонтированным в дно миксера

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 гидрозавхвата 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.

Практическая работа №43. Изучение разливки кипящей, спокойной и полуспокойной стали

Цель:

Знакомство со способами разливки стали и строением стального слитка.

Определение линейной и массовой скоростей наполнения изложницы и продолжительности затвердевания слитка.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

–определять линейную и массовую скорость наполнения изложницы и продолжительности затвердевания слитка;

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Рассчитать линейный и массовый скорости разливки стали сифонным способом и способом разливки сверху.

Порядок выполнения работы:

- 1 Законспектировать теоретические основы.
- 2 Отразить в виде краткого конспекта..

3 Произвести расчет линейной и массовой скорости разливки стали сифонным способом и способом разливки сверху.

4. Сравнение расчетных параметров линейных и массовых скоростей двух видов разливки стали.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения

При этом способе сталь, выплавленная в печи, поступает в сталеразливочный ковш. Ковш представляет собой стальной кожух, имеющий форму конуса с широким основанием вверх, выложенный внутри огнеупорным материалом. В днище ковша имеется отверстие, которое плотно прикрывается специальным стержнем с пробкой на конце, называемым стопором. Из ковша сталь разливается в изложницы.

Два метода разливки стали в изложницы: разливка сверху и снизу (сифоном).

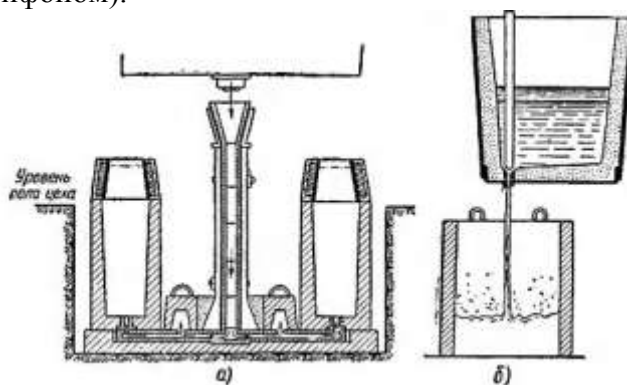


Рисунок 1 – Схема расположения изложниц при разливке стали:

А – сифоном, б – сверху.

Разливка стали в изложницу сверху:

При разливке сверху жидкий металл из разливочного ковша поступает в изложницу сверху; каждая изложница заполняется отдельно.

Разливка сверху производится в тех случаях, когда надо получить слитки большого веса, а также при выплавке высококачественных сталей.

Сифонный способ разливки стали:

При сифонной разливке заполняется одновременно большая группа изложниц, установленных на чугунные поддоны.

В поддонах устраиваются каналы, которые сообщаются с центральным литником и с каждой из изложниц. Сталь заливается в центральный литник, откуда по принципу сообщающихся сосудов поступает в изложницы. Заливка сифонным методом применяется для получения слитков мелкого и среднего развеса.

Остывшую сталь извлекают из изложниц, и полученные слитки направляют на дальнейшую переработку. Поступающая в разливку сталь может быть кипящей и спокойной.

Кипящей называется сталь, при разливке которой наблюдается явление кипения. Кипение объясняется тем, что сталь заливается не полностью раскисленной; в ней содержится кислород, растворенный в виде закиси железа.

С понижением температуры кипящей стали, залитой в изложницу, углерод вступает в реакцию с закисью железа. Образующаяся окись углерода вместе с другими растворенными газами вызывает кипение металла, которое начинается с момента заливки стали и продолжается до остывания слитка. При этом газы не успевают полностью выделиться и частично остаются в слитке, образуя внутри металла рассеянные пузыри, легко , заваривающиеся при прокатке стали в горячем состоянии.

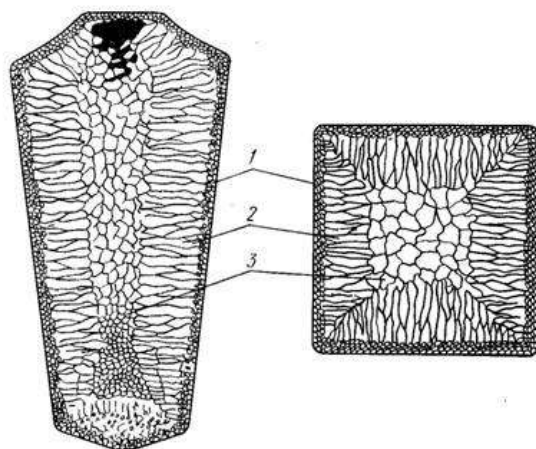


Рисунок 2 - Структура стального слитка.

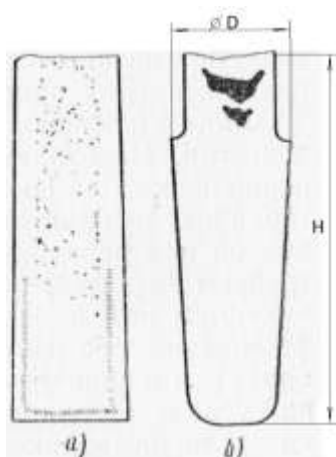


Рисунок 3 – структура стальных слитков
а-кипящая сталь; б-спокойная сталь

Жидкая сталь из ковша заливается в промежуточное разливочное устройство 2, откуда поступает в открытую снизу водоохлаждаемую изложницу—кристаллизатор 3. Внутренняя полость кристаллизатора соответствует форме отливаемой заготовки. Жидкий металл, соприкасаясь с охлаждаемыми

стенками кристаллизатора, покрывается снаружи затвердевшей оболочкой. Заготовка непрерывно продвигается вниз при помощи системы тянущих валиков 5. Ниже кристаллизатора столб металла имеет уже достаточную толщину оболочки, чтобы удерживать жидкую сердцевину. Здесь располагается зона вторичного охлаждения, в которой заготовка охлаждается путем подачи воды на ее поверхность струями. Чтобы не допустить выпучивания и прорыва затвердевшей оболочки заготовки, за кристаллизатором в зоне вторичного охлаждения устанавливают поддерживающие ролики 4.

В нижней части установки находится зона кислородной резки. Кислородным резаком прямоугольная полоса затвердевшего металла 6 разрезается на части заданной длины. Каретка 7, на которой установлен резак, производящий эту операцию, перед началом реза находится в верхнем положении. После того как заготовка опустилась на необходимую длину, каретка кислородной резки при помощи захватов автоматически сцепляется с заготовкой и вместе с ней движется вниз. Отрезанные мерные куски попадают в кантователь 8 и отсюда по отводящему рольгангу 9 поступают на склад.

Перед началом разливки жидкого металла в кристаллизатор вводится кусок металла, называемый затравкой. Профиль этого металла соответствует профилю отливаемой заготовки, а длина должна быть такой, чтобы один конец был введен снизу в кристаллизатор, а второй конец находился в тянущем устройстве. Первая порция залитой в кристаллизатор стали при охлаждении сцепляется с затравкой и после включения привода тянущих роликов затравка опускается вниз, увлекая за собой заготовку.

Непрерывная разливка стали имеет значительные преимущества по сравнению с разливкой в изложницы. Основные преимущества непрерывной разливки сводятся к следующему: уменьшается необходимое количество промышленных зданий и оборудования на металлургических заводах, сокращается производственный цикл получения проката, повышается производительность и улучшаются

условия труда рабочих, уменьшаются отходы металла в 4—5 раз.

Раскисление сводится к связыванию с помощью раскислителей находящегося в стали кислорода и удалению из нее получающихся при этом продуктов раскисления в виде нерастворимых соединений. При разливке спокойной стали из нее мало выделяется газов, благодаря чему она спокойно затвердевает в изложнице.

Жидкий металл, залитый в изложницу, начинает остывать у стенок и дна. По мере затвердевания количество жидкого металла уменьшается, так как при переходе из жидкого состояния в твердое сталь сокращается в объеме и уровень жидкого металла в центральной части слитка постепенно понижается. В результате этого в верхней части слитка образуется пространство, не заполненное металлом, называемое усадочной раковиной. Часть слитка, в которой располагается усадочная раковина, перед прокаткой отрезается и направляется для переплавки.

Принято различать скорость разливки: массовую и линейную. Если первая характеризует массу металла, разливаемого в единицу времени, и обычно оценивается количеством разливаемых тонн в минуту, то вторая характеризует быстроту подъема уровня металла в изложнице и выражается в метрах или миллиметрах в минуту (секунду). Обе характеристики скорости связаны между собой и могут быть рассчитаны по известным размерам слитков:

В соответствии с приведенными данными массовая скорость разливки слитков различной массы, при которой на них не образуются продольные трещины, может быть примерно рассчитана по уравнениям (1) и (3) для случаев разливки сверху и сифоном, соответственно; линейная скорость может быть рассчитана по уравнениям (2) и (4).

$$V_{\text{масс}}^{\text{сверху}} = 0,5 \cdot M^{0,5} \quad (1)$$

$$v_{\text{лин}}^{\text{сверху}} = 470 \cdot M^{-0,2} \quad (2)$$

$$v_{\text{масс}}^{\text{сифон}} = 0,3 \cdot M^{0,5} \quad (3)$$

$$v_{\text{лин}}^{\text{сифон}} = 420 \cdot M^{-0,2} \quad (4)$$

где $v_{\text{лин/масс}}$ — линейная и массовая скорость наполнения изложницы, мм/мин / т/мин;

M — масса слитка, т.

Сопоставление данных о массовой и линейной скоростях разливки показывает меньший разброс в значениях первой в зависимости от массы слитка; изменение линейной скорости в зависимости от массы отливаемого слитка менее единообразно для различных предприятий, что, очевидно, говорит об отсутствии общепризнанной единой методики расчета значения оптимальной линейной скорости наполнения изложницы в настоящее время.

Температура и скорость разливки стали являются факторами, в значительной степени определяющими качество поверхности слитка и его макроструктуру.

С определенным приближением для слитков, завершающих кристаллизацию в горизонтальном направлении, продолжительность полного затвердевания определяют по упрощенной формуле В.М. Тагеева, учитывающей отношение высоты слитка к его поперечному сечению.

$$\tau_z = 1.48 (M / H \cdot D)^{2/3},$$

где M — масса слитка, т;

τ_z — продолжительность затвердевания, ч;

H и D — высота и диаметр слитка, м.

Задание:

1. Рассчитать линейный и массовый скорости разливки стали сифонным способом и способом разливки сверху по формулам (1), (2), (3), (4) и продолжительности затвердевания слитка τ_z ?

2- вариант

$M = 5 \text{ т}$ (масса слитка)

$M = 12 \text{ т}$

$D = 0,4 \text{ м}$ (диаметр слитка)

$D = 0,5 \text{ м}$

$H = 0,58 \text{ м}$ (высота слитка)

$H = 0,035 \text{ м}$

Ст 3

Ст 5.

Контрольные вопросы:

1. В каком случае производится разливка стали сверху?
2. В каком случае производится разливка стали сифонным способом?
3. Характеристика массовой и линейной скоростей разливки стали?
4. От чего зависит продолжительность затвердевания слитка?
5. Какие факторы в значительной степени определяют качество поверхности слитка и его макроструктуру.

Практическая работа №44 Выполнение разливки стали на слябовой МНЛЗ

Цель работы: выполнить разливку стали на слябовой МНЛЗ

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать качество сырья и готовой продукции;
- эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование;

Материальное обеспечение:

Сценарий выполнения работы

Оборудование

Тренажер. Разливщик стали МНЛЗ ККЦ

Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить теоретический материал по теме: Сущность и преимущества непрерывной разливки стали
- 2 Выполнить разливку стали.

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

1. Изучите лабораторную работу

2. Задайте целевую марку стали

Марка стали:

Температура и химический состав стали с отделения внепечной обработки

Масса, т	t, °C	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ca	N	Al
345	1945	0.152	0.256	0.434	0.023	0.034	0.023	0.255	0.276	0.008	0.020

3. Задайте сечение заготовки, мм

1360 x 256

Ширина: Температура:

4. Задайте черновую длину заготовки, м

4.8

5. Выплавите сталь в режиме

марку сталии 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

1. ВНИМАНИЕ! Вы приступаете к разливке стали на МНЛЗ!

Для того чтобы получить заготовку заданного качества, последовательно и своевременно выполняйте задания сценария!

Для перехода к следующему заданию, нажмите на кнопку "Подтвердить выполнение"

на кнопку «Подтвердить выполнение» (Рисунок 2).

Рисунок 6. Пример информационного задания

4. В задании №3 необходимо завести затравки. Для этого требуется в правой верхней части анимации нажать на



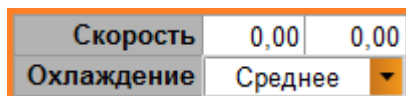
кнопку «Завести затравки» (Рисунок 3).

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



Ст3сп следует выбрать среднее охлаждение (Рисунок 4).

Рисунок 4. Кривая охлаждения

7. В задании №6 необходимо запустить постановку сталеразливочного ковша на разливочный стенд. 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 10тонн. Следите за массой в

промокшие в разделе «Химический анализ» в поле «ПК» столбец «Масса нетто, т» (Рисунок 6).

Химический анализ									
	Масса нетто, т	Т, °С		C	Si	Mn	S	P	Cu
		Ср.	Ликв.						
СК	338,0	1549	1515	0,152	0,255	0,434	0,023	0,024	0,276
ПК	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 6. Химический анализ

11. В заданиях №20-21 необходимо подать шлакообразующую смесь впромокши и под стопор. Для этого в области анимации нажмите на кнопку

«Подать шлакообразующую смесь». Затем в поле «Задание, кг» для промокша задайте вес 100 кг и нажмите кнопку «Добавить смесь».

Аналогично задайте вес для стопора. Рекомендуемая порция на два стопора – 100 кг, по 50 кг под каждый стопор

Шлакообразующие									
Смесь	Задание, кг	Всего отдано, кг	C	F	Al2O3	MgO	Na2O+K2O	Массовая доля влаги, %	Основность
В кристаллизатор	АВТО	0	8,50	8,40	6,50	4,50	4,30	0,40	0,95
В промокша	100	0	4,00	0,00	6,50	4,00	3,00	0,00	1,40
Под стопор	100	0	4,00	0,00	5,50	4,00	3,00	0,00	1,40
Добавить смесь									

(Рисунок 7).

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 разлива», в поле «Уровень, %». Если заданный уровень совпадает с фактическим, после подсветится зеленым цветом (Рисунок 8).

Кристаллизатор	№1	№2
Уровень, %	70	70
Качание, к/мин	0	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).

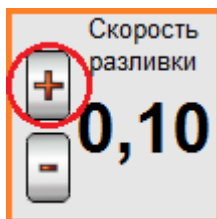


Рисунок 9. Скорость разливки

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 промковше по формуле

«Фактическая температура в проковше» – «Температура ликвидуса в проковше». Значения температур можно узнать строке «ПК» столбец «Т,°С». 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».

Практическая работа №45. Исследование структуры и фазовых превращений сталей

Цель работы

Приобретение навыков самостоятельного проведения закалки и отпуска углеродистой стали.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

– находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

1. Изучить типы МНЛЗ.
2. Ответить на вопросы, характеризующие особенности производства стали.

Порядок выполнения работы:

- 1 Законспектировать теоретические основы.
- 2 Отразить в виде краткого конспекта..
- 3 Ответить на вопросы

.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения:

Закалка служит для увеличения прочности и твердости стали. Отпуск снимает внутренние напряжения, понижает хрупкость и стабилизирует структуру материала после закалки.

Закалка состоит из трех периодов:

- нагрев изделий;
- выдержка;
- быстрое охлаждение в закалочной среде.

После закалки производится отпуск: низкотемпературный, среднетемпературный и высокотемпературный.

Режим отпуска заключается в нагреве до температуры ниже линии РК, выдержке и медленном охлаждении.

Выбор температуры нагрева под закалку проводится по диаграмме Fe – Fe₃C. Нагрев доэвтектоидной стали производится до температуры на (30...50)⁰ выше линии Ас₃, нагрев заэвтектоидной стали производится до температуры на (30...50)⁰ выше линии Ас₁. Стали, содержащие углерода до 0,3 % закалку не принимают. После закалки доэвтектоидные стали, содержащие до 0,60 % углерода, получают структуру – мартенсит. Стали, содержащие углерода от 0,6 % до 0,8 %, получают структуру «мартенсит + остаточный аустенит».

Заэвтектоидные стали, содержащие углерода более 0,9 %, после закалки получают структуру «мартенсит + вторичный цементит».

Найти время нагрева образцов, пользуясь таблицей (Табл.1).

Таблица 1 - Нормы нагрева стали в лабораторных электропечах в минутах

Температура нагрева, °С	Форма образца		
	Круг	Квадрат	Пластина
	на 1 мм диаметра	на 1 мм толщины	

600 ⁰	2,0	3,0	4,0
700 ⁰	1,5	2,2	3,0
800 ⁰	1,0	1,5	2,0
900 ⁰	0,8	1,2	1,6
1000 ⁰	0,4	0,6	0,8

Протокол термической обработки углеродистой стали

Таблица 2

Марка материала	Твердость в исходном состоянии		Температура заковки °C	Время нагрева, мин.	Твердость после заковки HRC
	HB	HRC			

Таблица 3

Выдержка при отпуске	Твердость HRC после отпуска		
	200 ⁰ C	400 ⁰ C	600 ⁰ C

Построить кривые влияния температуры отпуска на изменение твердости закаленной стали в координатах «температура отпуска – твердость» и сделать вывод.

Контрольные вопросы.

1. Что такое закалка и отпуск?
2. Как назначают режим нагрева под закалку для доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей?
3. Что такое мартенсит? Его свойства.
4. Зависимость твердости закаленной стали от температуры отпуска.

Практическое занятие № 46
Исследование материалов. Анализ связи между структурой
сталей и диаграммой состояния железо – цементит

Цель работы

Изучение микроструктуры стали и белого чугуна с различным содержанием углерода и установление связи между структурами и диаграммой состояния «железо-цементит».

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

– находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Оборудование

Микроскоп МИМ – 7.

Набор микрошлифов сталей и белых чугунов.

Задание:

Изучить микроструктуры углердистых сталей (доэвтектоидной, эвтектоидной, заэвтектоидной) и белых чугунов в равновесном состоянии.

Микроструктура сталей.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения:

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

Микроструктура доэвтектоидной стали (от 0,8 % С) 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 .

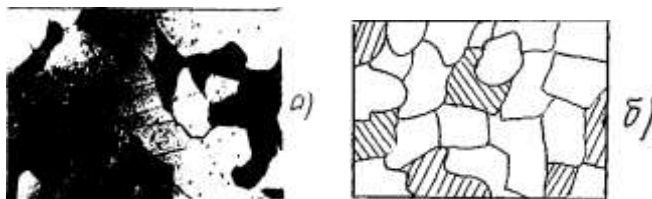


Рис. 1. Микроструктура (а) и схема (б) доэвтектоидной стали

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

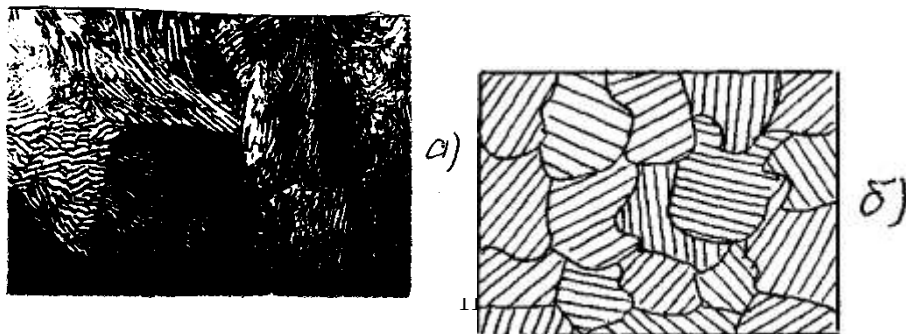


Рис. 2. Микроструктура (а) и схема (б) эвтектоидной стали

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 Аст (линия SE) до температуры Ag (линия PSK) (Рис. 4.). При медленном охлаждении вторичный цементит выделяется в виде сетки по границам зерен аустенита. При достижении температуры Ag 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.

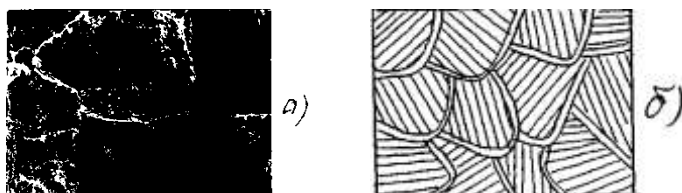


Рис. 3. Микроструктура (а) и схема (б) заэвтектоидной стали

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.

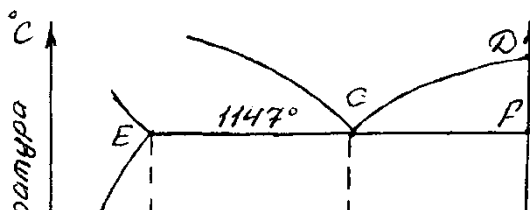


Рис. 4. Первая часть диаграммы состояния железо-цементит

Микроструктура эвтектического чугуна состоит только из одного ледебурита (цементитной эвтектики), образующегося при 1147°C при эвтектической кристаллизации жидкого сплава с содержанием 4,3 %С 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 %С. При этой температуре аустенит превращается в перлит. Таким образом, после полного охлаждения ледеburит состоит из цементита и перлита (Рис. 5).

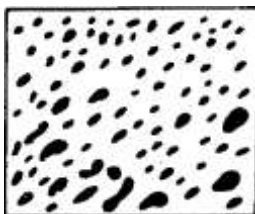


Рис. 5. Схема эвтектического чугуна (С 4,3 %)

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



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

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

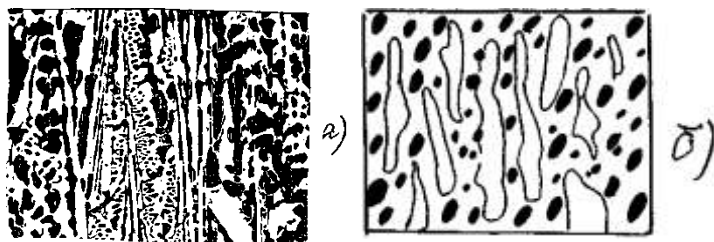


Рис. 7. Микроструктура (а) и схема (б) заэвтектоидной стали

Результаты микроанализа оформить таблицей (Табл.1).

Наименовани	Содержание	Микроструктура
-------------	------------	----------------

е и марка сплава	углерода, %	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.

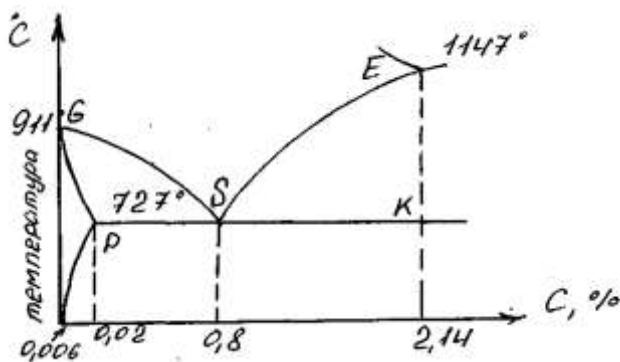


Рис. 8. Диаграмма состояния железо-цементит

Контрольные вопросы.

1. Какая сталь называется доэвтектоидной, эвтектоидной? Их структуры. Превращения при охлаждении.
2. Какой чугун называется доэвтекктическим, эвтекктическим, заэвтекктическим? Их структуры.
3. Что такое феррит, перлит, цементит, ледебурит?

Практическое занятие № 47

Применение макроскопического анализа для изучения дефектов и строения металлов

Цель работы.

Изучение микроструктуры сталей после цементации и борирования.

Выявление зависимости свойств сталей после различных видов ХТО от структуры.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

– находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Задание:

1. Описать процесс цементации и борирования.
2. Изучить микроструктуры цементованной и борированной сталей.

Оборудование

Микроскоп МИМ – 7.
Набор микрошлифов.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

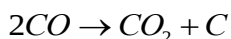
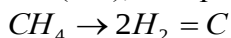
Краткие теоретические сведения:

Цементация – процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стали углеродом. Цель цементации – получить высокую твердость и износостойкость при вязкой сердцевине за счет обогащения поверхности углеродом в пределах 0,8-1 % с последующей термообработкой. Цементацию проводят в жидких, газовых, твердых карбюризаторах при температуре 910 – 930⁰ С.

Борирование - процесс диффузионного насыщения стали бором при нагреве в жидкой, твердой, газообразной среде с целью получения высокой твердости и износостойкости коррозионной и жаростойкой поверхности стальных деталей. Температура борирования (900-950⁰ С) выбирается в зависимости от насыщающей среды. При борировании применяют следующие вещества, разлагающиеся при высоких температурах с образованием атомарного бора, который диффундирует в металл:

- при жидком борировании – бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$);
- при порошковом – карбид бора (B_4C);
- при газовом – диборан (B_2H_6).

Атомарный углерод, необходимый для цементации, образуется углеводородом при разложении метана (CH_4) и окиси углерода (CO), содержащихся в цементующих газах:



Атомарный углерод поглощается поверхностью стали и диффундирует вглубь металла. В цементованной стали содержание углерода уменьшается от поверхности к центру. В соответствии с таким изменением химического состава получается распределение структурных составляющих (рис. 1).

перлит

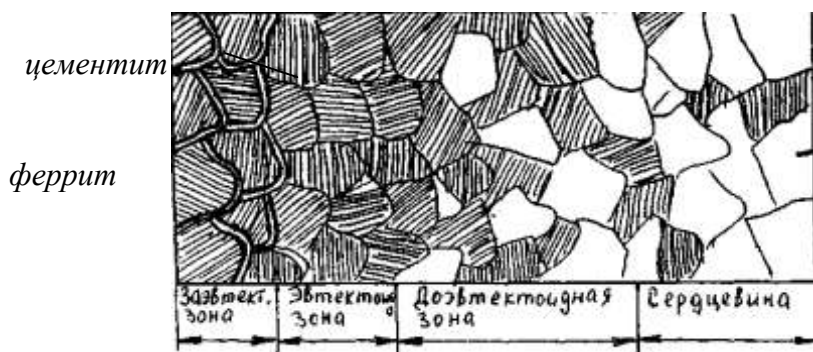


Рис. 1 Схема микроструктуры цементованного слоя после медленного охлаждения

В заэвтектоидной зоне структура состоит из перлита и цементита (белые прожилки), далее располагается перлит (эвтектоидная зона), а при переходе к сердцевине – перлит и феррит (доэвтектоидная зона).

В переходной зоне, чем ближе к сердцевине, тем меньше становится перлита и больше феррита.

После закалке стали в цементованном слое образуется структура мертенсита. В сердцевине углеродистых цементуемых сталей сохраняется ферритно-перлитная структура.

Микроструктура поверхностного слоя после борирования состоит из боридов железа (FeB и Fe_2B) имеющих очень высокую твердость, поэтому закалку после борирования проводить не обязательно (Рис.2)

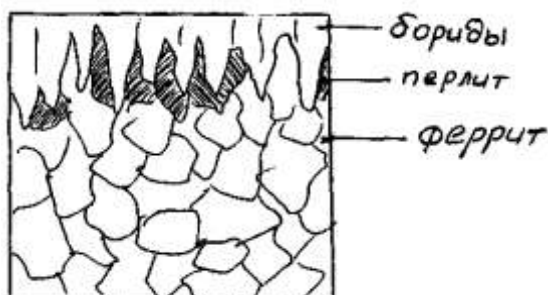


Рис. 2 Схема микроструктуры борированного слоя

4.3. Результаты анализа оформить в таблице.

Марка стали	Обработка	Микроструктура	Твердость и другие свойства слоя	
		Зарисовка	Наименование	

5. Контрольные вопросы.

Что такое цементация и борирование?

Свойства и структура поверхностных слоев после цементации и борирования?

Требуется ли термообработка после цементации и борирования?

Другие виды ХТО?

Практическое занятие № 48

Микроскопический анализ металлов и сплавов

Цель работы.

Изучение микроструктуры конструкционных, инструментальных сталей и сталей с особыми свойствами.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

– находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Задание:

1. Ознакомиться с классификацией легированных сталей по структуре в нормализованном состоянии.

2. Изучить микроструктуры легированных сталей после различных видов термообработки.

Оборудование

Металлографический микроскоп МИМ – 7.

Набор микрошлифов легированных сталей.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения:

К перлитному классу сталей относят углеродистые и легированные стали с низким содержанием легирующих элементов, кривая нормализации которых пересекает кривую изотермического превращения в зоне образования феррито-цементитной смеси с образованием перлита, сорбита, троостита (Рис. 1 а).

К мартенситному классу относят легированные стали с более высоким содержанием легирующих элементов и соответственно с большей устойчивостью аустенита. Кривая нормализации не пересекает С-образную кривую, а аустенит

переохлаждается до точки Мн (Рис.1. δ), образуя мартенситную структуру.

К аустенитному классу относят легированные стали с высоким содержанием легирующих элементов, в которых не только кривая изотермического превращения сдвинута вправо, но также понижена точка начала мартенситного превращения Мн. В этом случае кривая нормализации не пересекает С-образную кривую и не доходит до точки Мн, в связи с чем в структуре сохраняется аустенит (Рис. 1.в).

Стали в нормализованном состоянии по структуре делят на перлитный (а), мартенситный (δ), аустенитный (в) классы (Рис. 1).

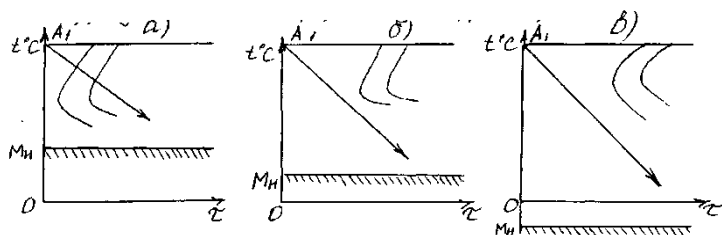


Рис. 1 Диаграммы изотермического распада аустенита для трёх классов сталей

К низкоуглеродным цементуемым сталям относят стали с содержанием углерода до 0,25 % - Стали 10,15,20, а также легированные 15Г, 20Х, 18ХГТ, 20Х2Н4А и др. Низкоуглеродистые стали в отожженном состоянии имеют структуру «феррит + перлит».

К среднеуглеродистым улучшаемым сталям относят стали с содержанием углерода от 0,25 % до 0,5 % - Стали 35,40,45,50, а также легированные – 40Х, 40ХГ, 40ХГР, 30ХГСА, 45ХН, 40ХНМА и другие.

Микроструктура легированной среднеуглеродистой стали 30ХГСА ((0,28...0,34) % С; (0,8...1,1) % Мп; (0,8...1,1) % Сг; (0,9...1,2) % S) после отжига «феррит + перлит» показана на рисунке (Рис. 2)

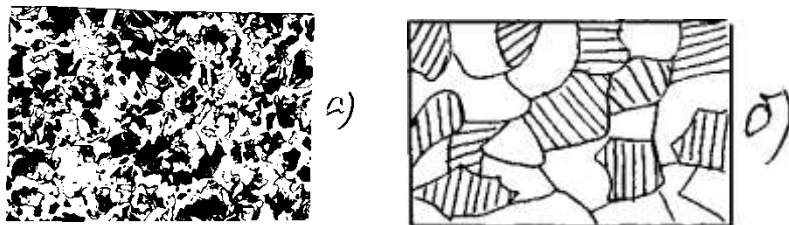


Рис. 2. Микроструктура (а) и ее схема (б) стали 30ХГСА после отжига

Микроструктура после закалки и высокого отпуска (улучшения) – сорбит (Рис.3).

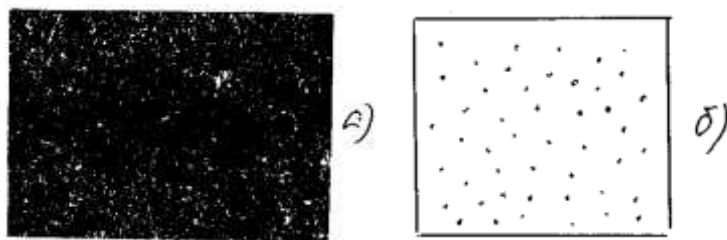


Рис. 3. Микроструктура (а) и ее схема (б) стали 30ХГСА после улучшения

К рессорно-пружинным сталям относятся стали марок 65, 75, 85, а также легированные стали 65Г, 60С2, 50ХГ, 50ХФА, 60С2Н2А и другие. Для получения наиболее высокого предела упругости пружины и рессоры подвергают закалке при температуре $(800...850)^{\circ}\text{C}$ в масле или в воде с последующим отпуском при $(350...480)^{\circ}\text{C}$ (в зависимости от марки) с целью образования структуры троостита.

Микроструктура инструментальных сталей.

К сталям режущим инструментов относятся заэвтектоидные стали от У9 до У13 и легированные – Х, ХВГ, 9ХС, ХВСГ и другие. В отожженном виде они имеют структуру зернистого перлита (Рис. 5.).

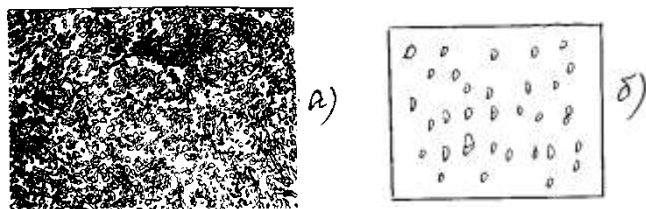


Рис. 4. Микроструктура зернистого перлита в стали ХВГ после отжига.

После закалки и низкого отпуска такие стали имеют структуру «мартенсит + карбиды» (Рис. 5).

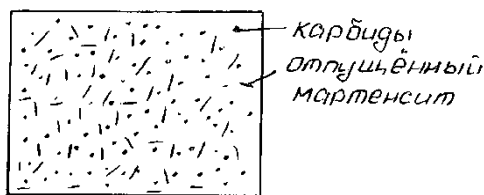


Рис. 5. Схема микроструктуры стали ХВГ после закалки и отпуска

Микроструктура быстрорежущих сталей Р18, Р6М5, Р9Ф5 и других после отжига состоит из крупных первичных карбидов, более мелких вторичных карбидов и перлита. После закалки и трёхкратного отпуска структура «мартенсит + карбиды».

Микроструктура сталей с особыми свойствами

По структуре стали разделяют на следующие классы: перлитный, мартенситный, аустенитный, ферритный, аустенитно-мартенситный, мартенситно-ферритный, аустенитно-ферритный.

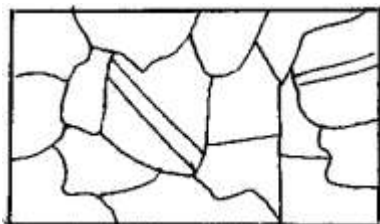


Рис. 6. Схема структуры стали 12Х18Н9 после аустенизации

К коррозионно-стойким сталям относятся стали с содержанием Cr >12 % - сталь 12Х13 (мартенситно-ферритного класса). Структура после закалки с высоким отпуском – «феррит + карбиды хрома».

Стали 20Х13, 30Х13, 40Х13 (мартенситного класса) после закалки с низким отпуском имеет структуру «отпущенный мартенсит» (Рис. 6.).

4.1. Результаты микроанализа оформить таблицей.

Таблица 1.

Марка стали	Термообработка	Микроструктура		Свойства стали применение
		Зарисовка	Наименование	

5. Контрольные вопросы.

Какие цели преследует легирование?

Как влияют легирующие элементы на:

- а) положение критических точек?
- б) устойчивость переохлажденного аустенита?
- в) критическую скорость закалки?
- г) прокаливаемость сталей?
- д) начало мартенситного превращения?

Как классифицируют легированные стали по структуре после нормализации, отжига и по применению?

Практическая работа №49. Исследование процесса затвердевания стальных слитков

Цель работы

Изучение расчета процессов затвердевания стальных слитков (скорости кристаллизации, усадочных явлений).

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

– находить причины нарушений технологии и пути их устранения;

Оборудование

Не используется

Задание:

- 1 Закрепление знаний по теоретическим основам кристаллизации слитков.
- 2 Привитие навыков расчета процессов затвердевания стальных слитков (скорости кристаллизации, усадочных явлений).
- 3 Изучение влияния различных технологических факторов на глубину усадочной раковины и выход годного металла.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

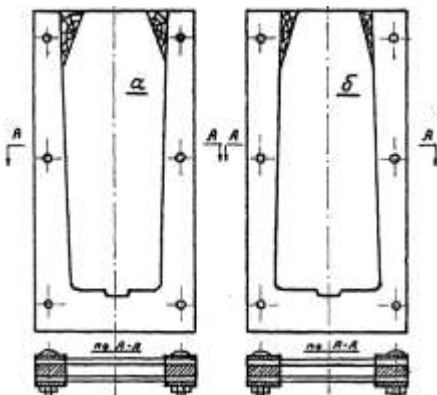
- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения:

Для моделирования разливки стали используется парафин и гипосульфит ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), имеющие почти одинаковые со сталью относительное изменение удельного объема при переходе из жидкого состояния в твердое. Парафин (гипосульфит) плавится в специальном обогреваемом ковше, из которого разливается в изложницы сверху и сифоном с помощью стопорного устройства.

Для проведения работы используются модели изложниц двух типов: плоские и разъемные.

Для изучения процесса кристаллизации используется модель плоской изложницы, позволяющая наблюдать затвердевание жидкости и производить необходимые измерения (рисунок 1).



а – слиток, уширенный кверху; б – слиток, уширенный книзу

Рисунок 1 – Модель плоской прозрачной изложницы

Боковые стенки и днище изложницы изготовлены из стального листа толщиной 20 мм. Передняя и задняя стенки – съемные, из прозрачного малотеплопроводного органического стекла, позволяющего наблюдать процесс кристаллизации жидкости.

В работе применяются плоские изложницы трех типов: уширенные кверху, уширенные книзу и прямые.

Влияние технологических факторов на глубину усадочной раковины и выход годного в данной работе изучается на моделях слитков, отливаемых в стальных разъемных или плоских изложницах, установленных на поддонах.

Влияние формы изложниц и типа прибыльной надставки на расположение и форму усадочной раковины изучают при наполнении сверху изложниц различной конструкции, установленных на поддоне.

Для изучения влияния способа разливки на форму усадочной раковины, две изложницы равного объема (с прямой и обратной конусностью) наполняют через предварительно прогретую сифонную проводку. Для проверки влияния температуры и скорости разливки наполняют сверху по две изложницы при различной температуре или скорости. Указания по проведению опытов приведены в таблице 1.

Получив задание на выполнение работы, необходимо подготовить к заливке набор изложниц. Изложницы, используемые в каждом опыте, указаны в таблице 1. Подготовка изложниц заключается в очистке их от остатков парафина, сборке и установке на поддоны. При подготовке опыта №5 необходимо изучить устройство сифонной проводки и собрать ее.

После подготовки изложниц осуществляют расплавление и нагрев парафина до требуемой температуры в специальном обогреваемом ковше. Затем в присутствии преподавателя

производится заливка парафина в изложницы. Рекомендуемое время заливки и температура парафина указаны в таблице 1.

Таблица 1 - Указания по выполнению опытов

№ п / п	Исследуемый технологический фактор ^{*1}	Характеристика изложницы ^{*2}	Температура парафина (гипосульфита) , °С	Способ заливки	Время заливки, мин.
1	Утепление и обогрев верхней части слитка	1 – УВ, без надставки, разъемная 2 – УВ, с металлической надставкой, разъемная 3 – УВ, с полимерной надставкой, разъемная	70	Сверху	1,0.. .1,5
2	Соотношение между высотой и шириной слитка	4 – УН, высокая, плоская 5 – УН, нормальная, плоская 6 – УН, низкая, плоская	70	Сверху	0,5.. .1,0
3	Характер уширения изложницы (форма изложницы)	7 – УВ, плоская 8 – УН, плоская 9 – П, плоская	70	Сверху	0,5.. .1,0
4	Скорость разливки (длительность)	10 – УН, разъемная 11 – УН, разъемная	70	Сверху	0,3.. .0,5 5...7

	ость отливки слитка)				
5	Способ разливки	12 – УН, плоская 13 – УВ, плоская 14 – УН, плоская 15 – УВ, плоская	70	Свер ху Сифо ном	0,5.. .1,0
6	Температу ра разливки	16 – УН, разъемная 17 - УН, разъемная	70 100	Свер ху	0,5.. .1,0
^{*1} – При проведении всех опытов на плоских моделях проводятся замеры толщины затвердевшей жидкости, указывается характер движения расплава и тип кристаллов; ^{*2} – УВ - изложница уширенная кверху; УН – уширенная книзу; П – прямая изложница.					

После заливки плоских изложниц следует вести наблюдение за усадкой расплава в течение 10..15 мин, производить необходимые измерения и заносить их в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерений и наблюдений

1. Тип изложницы – УВ, плоская 2. Температура парафина (гипосульфита) в момент заливки 68°C 3. Высота заполнения изложницы расплавом 200 мм				
Период кристаллиза ции, мин	Толщина закристаллизовавшегося металла, мм			Результаты наблюдений (характер движения расплава, тип кристаллов и др.)
	низ слитка	середа на слитка	верх слитка	
0-2	4	3	2	
2-4	7	5	3	

4-6	8	7	5	
6-8	8	8	6	
8-10	9	8	6	
10-12	9	9	7	
12-14	10	10	9	
14-16	11	11	10	

Затвердевание парафиновых слитков длится около 2 ч и исследовать их строение на этом же занятии не представляется возможным. Поэтому изучение строения слитков производится на следующем занятии.

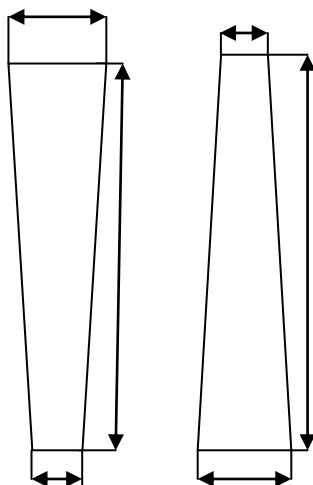


Рисунок 2 – Эскиз слитка

Слитки, отлитые в разъемные изложницы, извлекаются, и распиливаются по вертикальной оси специальной пилой (для слитков, отлитых в плоские изложницы – не производится). Внутренне строение слитков эскизируется. На эскизах следует указать основные размеры слитка и глубину усадочной

раковины.

Затем, от обеих половинок каждого слитка отпиливается верхняя часть, пораженная усадочной раковиной. При этом длинна отпиливаемой части у обеих половинок должна быть одинаковой. После этого взвешивается весь слиток, а также его нижняя часть, не пораженная усадочной раковиной.

Практическое занятие № 50

Расчеты перераспределения примеси между жидким металлом и слитком при кристаллизации

Цель работы:

научиться рассчитывать перераспределения примеси между жидким металлом и слитком при кристаллизации

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать перераспределение примеси между жидким металлом и слитком при кристаллизации

Материальное обеспечение:

Калькулятор

Задание:

Рассчитать перераспределения примеси между жидким металлом и слитком при кристаллизации

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с методическими указаниями по практическому заданию.
2. Выполнить задание.
3. Оформить работу в тетради для практических занятий.

Ход работы:

1 Получить у преподавателя исходный вариант для выполнения расчета

2 Выполнить расчет согласно методике, представленной ниже

Принцип расчета

Условия кристаллизации, используемые при получении кристалла (слитка), зависят от требований, предъявляемых к характеру распределения примеси, которую необходимо ввести в кристалл (слиток).

Условия кристаллизации зависят также от того, требуется ли обеспечить контролируемое распределение примеси на небольшом участке кристалла или на протяжении всего слитка. Например, иногда бывает необходимо произвести очистку слитка либо изготовить кристалл постоянного состава или же кристалл с заданным распределением примеси.

Добиться контролируемого распределения примеси в кристалле, можно управляя процессом кристаллизации. Возможность управления распределением примеси во время кристаллизации основывается на том, что концентрации примеси (в атомных долях) в твердой и жидкой фазах, находящихся в равновесии, различны. Мерой этого различия служит коэффициент распределения k , определяемый как отношение концентрации примеси в образующейся твердой фазе C_S к ее концентрации в основной массе жидкости C_0 . Коэффициент распределения может иметь три значения:

- а) равновесное значение k_0 ;
- б) значение, равное единице;
- в) эффективное значение k , которое лежит между k_0 и единицей.

Примеси, имеющие $k_0 > 1$, повышают, а примеси $k_0 < 1$ понижают температуру плавления растворителя (рис.1).

В обоих случаях кристаллизация расплава с концентрацией примеси C_0 будет начинаться, когда температура жидкости

понижится до T (см. рис. 1), причем концентрация примеси в твердой фазе, образующейся при этой температуре, составит $k_0 C_0$.

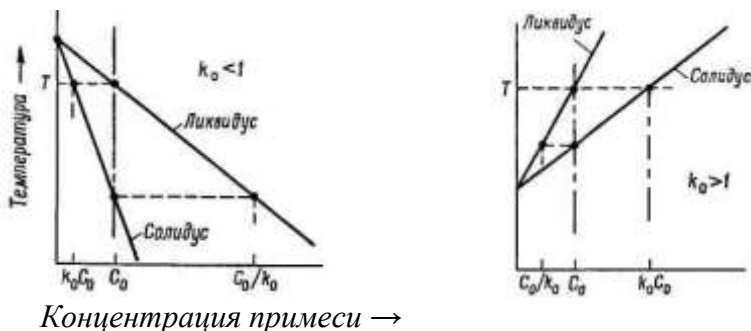


Рис. 1. Части фазовых диаграмм для случаев, когда примесь понижает ($k_0 < 1$) и повышает ($k_0 > 1$) температуру плавления сплава по сравнению с чистым растворителем

В реальных условиях коэффициент распределения редко достигает равновесного значения, хотя и может очень близко к нему приближаться. Для простоты в дальнейшем мы всюду будем рассматривать случай $k_0 < 1$ и считать, если только скорость кристаллизации не очень мала или принудительное перемешивание жидкости не очень велико, что примесь, отталкиваемая образующейся твердой фазой, накапливается перед продвигающейся поверхностью раздела кристалл – расплав (рис.2). При этом концентрация примеси в твердой фазе равна произведению k_0 на концентрацию примеси в основной массе жидкости, т. е. в объеме расплава, расположенного вне пределов граничного диффузионного слоя толщиной δ_c прилегающего к поверхности раздела кристалл – расплав.

Общее выражение, связывающее k , k_0 и условия кристаллизации имеет вид:

$$k/k_0 = 1/\{k_0 + (1 - k_0)e^{-(\delta_c V/D_L)(\rho_S/\rho_L)}\}. \quad (1)$$

Здесь V — скорость роста, δ_c — толщина граничного диффузионного слоя, D_L — коэффициент диффузии примеси в расплаве, а ρ_S/ρ_L — отношение плотностей твердой и жидкой фаз. Из этого уравнения видно, что поскольку $\rho_S/\rho_L \sim 1$, то при больших значениях $\delta_c V/D_L k = 1$, а при малых $k = k_0$. Таким образом, регулирование главного параметра $\delta_c V/D_L$ путем изменения δ_c или V позволяет получать значения k в пределах $k_0 \leq k \leq 1$. Для простоты мы всюду будем считать, что $\rho_S/\rho_L = 1$.

Существует два основных способа проведения контролируемого процесса кристаллизации растворов. Первый из них заключается в том, что слиток расплавляется целиком и затем постепенно закристаллизовывается с одного конца. При другом способе расплавляется только небольшая часть слитка (зона), и эту расплавленную зону заставляют перемещаться через остальную часть слитка таким образом, чтобы одновременно происходило и плавление (на одном конце зоны), и затвердевание (на другом ее конце). Первый способ называется *нормальной кристаллизацией*, второй — *зонной плавкой*. Каждый из этих способов дает характерное распределение примеси в полученном слитке. В обоих случаях это распределение можно изменить или нарушить путем изменения процесса кристаллизации одним из двух способов:

- 1) изменяя концентрацию примеси в расплаве во время кристаллизация, например, изменением объема расплава, добавлением или удалением какого-либо из компонентов расплава или использованием исходной загрузки с неодинаковой концентрацией примеси в различных ее частях (при зонной плавке);

- 2) изменением природы диффузионного слоя примесей, прилегающего к границе раздела фаз, путем изменения или V , или δ_c .

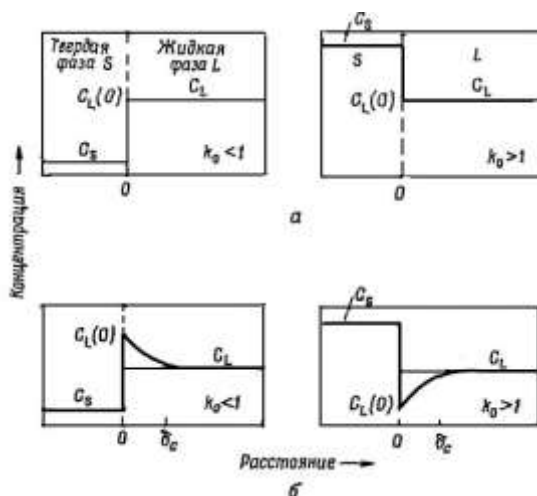


Рис.2. Концентрация примеси в жидкой фазе C_L перед поверхностью раздела фаз для случаев $k_0 < 1$ и $k_0 > 1$.
 а — полное; перемешивание, $k = k_0$; б — частичное перемешивание, $k \neq k_0$

Нормальная кристаллизация. Этот процесс довольно часто применяется для выращивания монокристаллов. В общем случае его можно представить себе как постепенное затвердевание цилиндра, начинающееся с одного из его концов. Основными параметрами процесса являются объем закристаллизовавшейся части расплава (доля общего объема расплава), а также концентрация примеси в оставшейся части расплава. При $k_0 \leq 1$ отталкиваемая твердой фазой примесь накапливается по мере протекания кристаллизации в расплаве. Это увеличение концентрации примеси в расплаве приводит к постепенному увеличению ее концентрации в твердой фазе и к результирующей сегрегации примеси по длине цилиндра, затвердевающего с одного конца (так называемая нормальная сегрегация).

В зависимости от конкретных условий проведения процесса, остающихся неизменными на всем его протяжении,

при нормальной кристаллизации загрузки, имеющей форму стержня, возможно четыре типа сегрегационных кривых, которые показаны на рис.3.

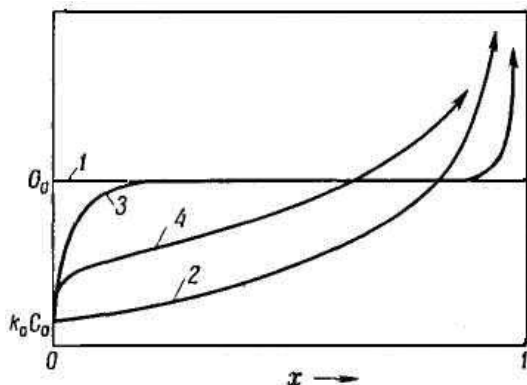


Рис.3. Распределение примеси по длине слитка, полученного в результате затвердевания расплава с начальной концентрацией примеси C_0 в различных условиях: 1 — равновесная кристаллизация; 2 — полное перемешивание; 3 — отсутствие перемешивания; 4 — частичное перемешивание. x — расстояние вдоль слитка

1. Затвердевание протекает настолько медленно, что диффузия в жидкой и твердой фазах не допускает возникновения градиентов концентрации в системе, поддерживая, таким образом, все время равновесие. Этот случай, называемый *равновесной кристаллизацией*, характеризуется отсутствием сегрегации и на практике никогда не реализуется, потому что скорости диффузии в твердой фазе слишком малы.

2. Кристаллизация происходит со скоростью, которая мала по сравнению со скоростями выравнивания концентрации примеси в жидкой фазе, обусловленного перемешиванием жидкости, и велика по сравнению со скоростями диффузии в твердой фазе, так что концентрационные градиенты в расплаве отсутствуют, а диффузией в твердом слитке можно пренебречь. Это так называемый случай *полного перемешивания*, который

приводит к максимальной сегрегации.

Практически можно получить распределение примеси, очень близкое к описываемому кривой 2.

3. Если кристаллизация происходит настолько быстро, что на распределение примеси на границе раздела фаз влияет *только диффузия* в жидкой фазе, наблюдается сравнительно слабая сегрегация, описываемая кривой 3. Это случай *отсутствия перемешивания*, который часто реализуется на практике.

4. Скорости кристаллизации и перемешивания жидкой фазы таковы, что на распределение примеси влияют и диффузия, и конвекция (кривая 4). Этот случай, который называется случаем *частичного перемешивания*, приводит к сегрегации, промежуточной между случаями 2 и 3, и на практике наблюдается наиболее часто.

Частичное перемешивание. Это практически важный случай. В нем можно выделить три более частных случая:

1) k не меняется в процессе кристаллизации, система консервативная;

2) k меняется, система консервативная;

3) k не меняется, система неконсервативная.

Мы рассмотрим только первый случай. Если $k_0 < 1$, твердая фаза будет чище расплава, из которого она образуется, т. е. на границе расплав – кристалл происходит отталкивание примеси в расплав. Вследствие ограниченности скорости диффузии примеси в расплаве перед продвигающейся поверхностью раздела в расплаве возникает слон с повышенной концентрацией примеси. Однако наличие перемешивания в объеме расплава препятствует развитию этого процесса, и обогащенный примесью слой простирается в расплав лишь на некоторое расстояние δ_c от поверхности раздела. Если δ_c и скорость кристаллизации V остаются постоянными, тогда через некоторое время после начала кристаллизации коэффициент распределения становится равным k вследствие накопления примеси перед границей, причем концентрация примеси в

расплаве, непосредственно примыкающем к поверхности раздела, окажется равной $C_i = (k/k_0) C_0$. Если k остается постоянным на протяжении всего процесса кристаллизации, распределение примеси в образующемся слитке C_x в зависимости от доли закристаллизовавшегося расплава g описывается выражением

$$C_s = kC_0(1-g)^{k-1}, \quad (2)$$

где C_0 представляет собой исходную концентрацию примеси в жидкой фазе. На рис.4 приведены кривые зависимости C_s/C_0 от g для разных значений k (здесь $x = g$).

Случай отсутствия перемешивания.

Случай, когда из расплава в условиях отсутствия перемешивания образуется однофазный сплав, также представляет значительный практический интерес. Поскольку концентрация примеси в образующейся твердой фазе связана с концентрацией в жидкой фазе через множитель k_0 , распределение примеси в слитке может быть получено на основе расчета ее концентрации в слое расплава, непосредственно примыкающем к поверхности раздела, для всех положений, последовательно занимаемых поверхностью раздела во время кристаллизации.

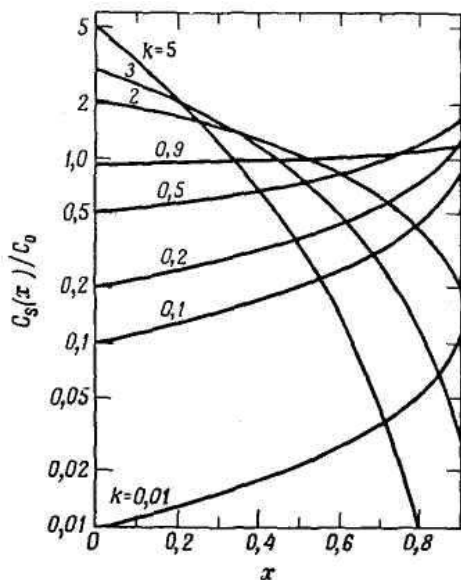


Рис. 4. Зависимость относительной концентрации примеси в твердой фазе $C_s(x)/C_0$ от расстояния вдоль слитка x для случая нормальной кристаллизации слитка единичной длины при различных значениях коэффициента распределения примеси k . C_0 — исходная концентрация примеси в жидкой фазе

Если исходный расплав однороден и концентрация примеси в нем повсюду равна C_0 , тогда совершенно очевидно, что по мере протекания кристаллизации слой расплава с высокой концентрацией примеси должен формироваться до тех пор, пока концентрация примеси в твердой фазе также не станет равной C_0 , причем концентрация примеси в расплаве на границе раздела составит тогда C_0/k_0 . Когда это условие будет достигнуто, слой с повышенной концентрацией придет в стационарное состояние, и в дальнейшем, пока условия роста остаются неизменными, никаких изменений в нем происходить не будет. Соответствующее распределение примеси описывается уравнением

$$\frac{C_L}{C_0} = 1 + \left(\frac{q}{k_0} \right) \exp(-Vx/D), \quad (3)$$

где $q = 1 - k_0$, а x — расстояние от выбранной точки в расплаве до поверхности раздела (в сантиметрах).

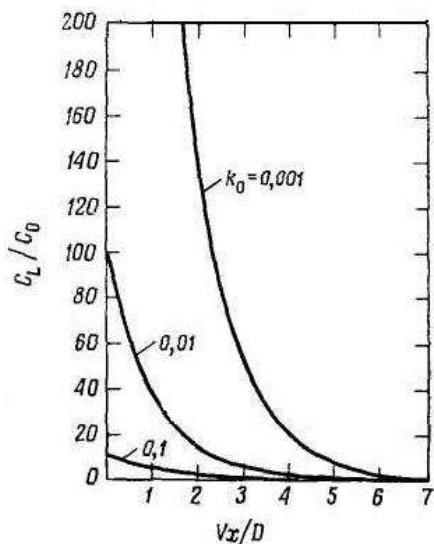


Рис. 5. Зависимость относительной концентрации примеси в расплаве C_L/C_0 от безразмерного параметра Vx/D при различных значениях k_0 .
Случай стационарного распределения при отсутствии перемешивания. X – расстояние от выбранной точки в расплаве до поверхности раздела (в сантиметрах)

На рис. 5 приведены графики, соответствующие уравнению (3) при разных значениях k_0 . Следует заметить, что концентрация в расплаве уменьшается по мере удаления от поверхности раздела быстрее в случае высоких скоростей роста и что количество примеси, накапливающейся перед поверхностью раздела, больше при низких скоростях роста. Эффективная толщина обогащенного примесью слоя выражается отношением D/V . Поскольку $D \sim 10^{-5}$ см²/сек, это «характеристическое расстояние» при тех скоростях роста, которые встречаются на практике, изменяется в пределах от 0,1 до 10^{-4} см.

В процессе установления стационарного распределения примеси в расплаве в твердой фазе наблюдается *начальное переходное распределение*; соответствующее «характеристическое расстояние» выражается формулой D/k_0V и может быть равным нескольким сантиметрам в зависимости от величины k_0 . Далее, увеличение или уменьшение скорости кристаллизации приводит к возникновению *промежуточного переходного распределения* примеси в обогащенном слое, в

результате чего в твердой фазе появляются слон соответственно с более высокой или более низкой концентрацией примеси.

Наконец, когда поверхность раздела кристалл – расплав, двигаясь с неизменной скоростью V , приближается к самому концу образца, стационарное распределение примеси в расплаве, существующее перед поверхностью раздела, нарушается, и концентрация примеси в твердой фазе начинает возрастать: все то количество примеси, которое соответствует площади под кривой C_L , должно войти в твердую фазу вместе с последней порцией затвердевающего расплава. Это приводит к установлению *конечного переходного распределения* примеси, дающего подъем на кривой распределения.

Все вышеприведенные рассуждения относятся к кристаллизации с постоянной скоростью и при плоской форме поверхности раздела кристалл – расплав. Когда эти условия не выполняются, распределение примеси будет сильно отличаться от рассмотренного.

Зонная плавка

В этом методе кристаллизации, схема которого приведена на рис. 6, в каждый момент времени в расплавленном состоянии находится только часть загрузки, причем расплавление и затвердевание последовательных частей загрузки происходят одновременно и непрерывно. Это небольшое изменение методики нормальной кристаллизации делает процесс кристаллизации более гибким и обеспечивает целый ряд практических преимуществ при управлении составом слитка по сравнению с методами нормальной кристаллизации.

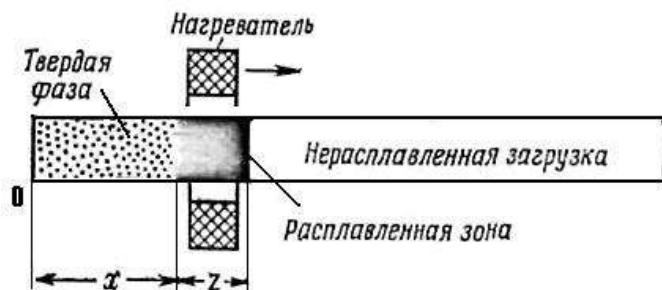


Рис.6. Схема метода зонной плавки

Параметрами процесса зонной плавки являются: длина (ширина) зоны, длина загрузки, исходное распределение примеси в загрузке, давление паров компонентов над расплавом, условия перемешивания расплава и скорость перемещения зоны.

Поддерживая эти параметры постоянными в течение всего прохода зоны, в твердой фазе можно получить различное распределение примеси в зависимости от начальных условий. Если же

эти параметры изменяются по мере движения зоны, то число возможных способов распределения примеси в слитке оказывается практически неограниченным.

Случай частичного перемешивания.

В данном случае можно выделить много представляющих интерес примеров, однако мы рассмотрим только распределение примеси после одного прохода и после многократной зонной планки при постоянных условиях.

Однопроходная зонная плавка при постоянных условиях.

Если расплавленная зона длиной l перемещается через загрузку, имеющую постоянное поперечное сечение и постоянную по длине концентрации примеси C_0 , причем k также остается постоянным, то результирующее распределение примеси $C_s(x)$ в слитке, полученном после одного прохода зоны, дается, согласно Пфанну, уравнением

$$\frac{C_s(x)}{C_0} = 1 - (1 - k) \exp[-(k\rho_s / \rho_L)(x/l)], \quad (4)$$

Зонная плавка однородного по составу стержня приводит к возникновению в стержне начальной и конечной переходных областей, в которых $C_s(x)/C_0$ значительно отличается от единицы (рис.7).

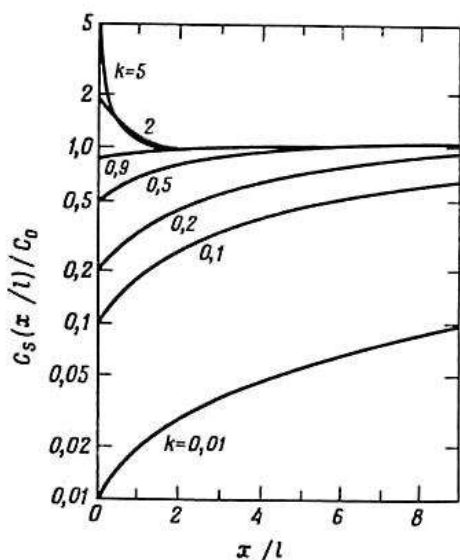


Рис.7. Изменение относительной концентраций примеси и твердой фазе $C_s(x/l)/C_0$ после одного прохода зоны в зависимости от расстояния вдоль слитка, измеряемого в длинах зоны x/l , для нескольких значений коэффициента распределения k .

Длина зоны l и коэффициент распределения k постоянны в течение всего прохода; C_0 — концентрация примеси в исходной загрузке, постоянна по всей длине загрузки

Некоторое улучшение однородности полученного стержня может быть достигнуто путем перемещения зоны в обратном направлении. Даже если k очень мал и отношение C_s/C_0 , равное единице, не достигается при прямом проходе, после обратного прохода распределение примеси в слитке будет в существенной степени равномерным, за исключением равного ширине зоны участка в начале слитка.

Многократная зонная плавка при постоянных условиях.

Рассмотрим второй проход зоны через стержень с распределением примеси, полученным после первого прохода. На начальном переходном участке примесь, как и при первом проходе, аккумулируется в расплавленной зоне. В результате содержание примеси в твердой фазе в соответствующих участках слитка будет меньше, чем после первого прохода, а сама переходная область станет длиннее. Когда фронт расплавленной зоны окажется от конца слитка на расстоянии, равном длине зоны, наклон кривой распределения примеси начнет резко возрастать. Таким образом, область накопления примеси в конце слитка при втором проходе зоны станет длиннее на целую длину зоны, и то же самое произойдет при каждом последующем проходе. Повторные проходы, следовательно, уменьшают концентрацию примеси на начальном переходном участке, увеличивают ее на конечном переходном участке и сокращают длину промежуточной области.

На рис. 8 приведены расчетные кривые зависимости относительной концентрации примеси в слитке $C_n(a)/C_0$ от расстояния $a = x/l$ вдоль полубесконечного слитка, измеряемого в длинах зоны l , для первых восьми проходов при значениях $k = 0,10$ и $k = 0,25$. Такие же результаты получаются для конечного слитка протяженностью $(a + 8)l$ длин зоны.

После большого количества проходов распределение примеси в слитке достигает стационарного состояния, которое соответствует максимально достижимому в данных условиях разделению примеси. На этой стадии процесса прямой поток примеси, обусловленный оттеснением примеси на фронте кристаллизации, при всех значениях подавляется обратным потоком примеси, поступающей на фронте плавления из конечной переходной зоны; при этом решающее значение имеет усреднение концентрации примеси в зоне за счет перемешивания.

При загрузке длиной L , начальной концентрации примеси в загрузке C_0 и длине зоны l конечное распределение примеси C_s

после бесконечно большого числа проходов зоны выражается уравнением

$$C_s = A \exp Bx, \quad (5)$$

где постоянные A и B определяются из следующих соотношений: $k = Bl / (\exp Bl - 1)$, $A = C_0 B L / (\exp BL - 1)$.

Кривые конечного распределения примеси, рассчитанные на основе уравнения (5), приведены на рис. 15. Можно видеть, что при малых значениях k эти кривые идут очень круто. Так, если $k = 0,1$, $l = 1$, $L = 10$, то C_s в точке $x = 0$ равна приблизительно $10^{-14} C_0$. Таким образом, зонная плавка позволяет в принципе получить материал высокой чистоты, т. е. может быть использована как специальный метод зонной очистки.

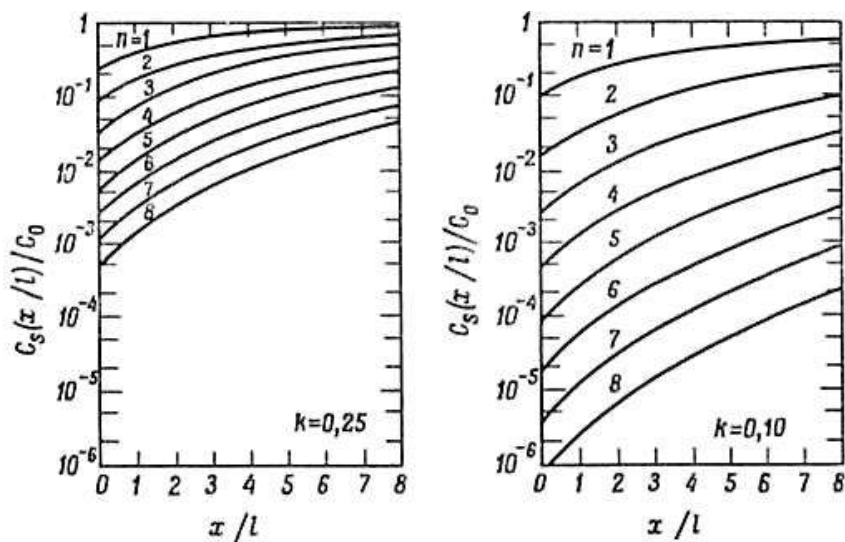


Рис. 8. Зависимость относительной концентрации примеси слитке C_s/C_0 от расстояния $a = x/l$ вдоль полубесконечного слитка для значений $k = 0,10$ и $k = 0,25$ после n проходов зоны

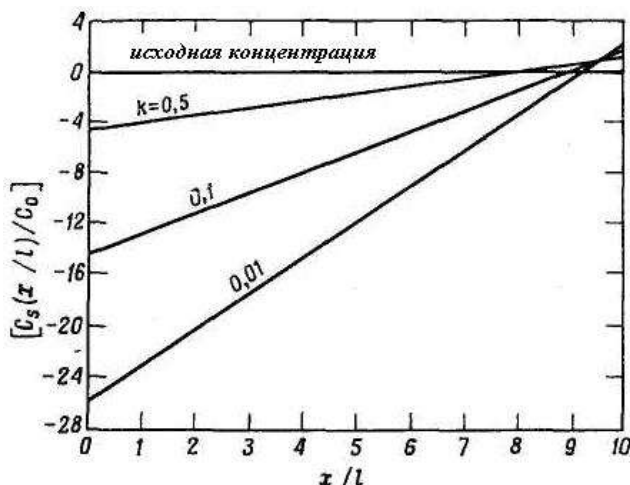


Рис.9. Конечное распределение примеси по длине полубесконечного слитка

При использовании зонной плавки в качестве метода очистки материала от примесей, как правило, желательно вести процесс таким образом, чтобы получать требуемое количество материала определенной чистоты при наименьших затратах времени и средств. Поэтому основные проблемы, которые возникают при конструировании установки для зонной очистки, сводятся к тому, чтобы, с одной стороны, выбрать подходящие способы нагрева и перемешивания расплава, материал для контейнера и механизм перемещения зоны, а с другой стороны, подобрать оптимальные значения параметров процесса, влияющих на степень разделения примеси и продолжительность процесса. Такими параметрами являются: число проходов n , ширина зоны l , расстояние между зонами i , скорость перемещения зоны V и толщина граничного диффузионного слоя δ_c . В общем случае желательно использовать узкую зону, так как при этом улучшается разделение примеси по крайней мере при большом числе проходов. Короткая загрузка L и малое расстояние между зонами i сокращают время, требуемое для одного прохода. Сократить продолжительность прохода можно

также увеличением скорости движения зоны V , однако при больших V коэффициент распределения приближается к единице. Частично это затруднение можно обойти, усилив перемешивание расплава, так как при этом уменьшится толщина диффузионного слоя δ_c , а следовательно, и k . Установлено, что оптимальная эффективность зонной очистки достигается при $V \delta_c / D \approx 1$.

Форма представления результата:

Работа выполняется в письменном виде в тетради для практических работ и защищается вместе с теорией по соответствующему разделу дисциплины в установленные сроки.

Практическая работа №51. Определение режима отжига, закалки и отпуска стали

Цель: рассмотреть механизм и процессы, протекающие в структуре сталей при их термической обработке.

Задание: подобрать оптимальный режим термической обработки заданной марки стали для получения заданных свойств.

Цель работы:

научиться рассчитывать перераспределения примеси между жидким металлом и слитком при кристаллизации

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять механизм и процессы, протекающие в структуре сталей при их термической обработке

Материальное обеспечение:

Не требуется

Задание:

Рассчитать перераспределения примеси между жидким металлом и слитком при кристаллизации

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическими указаниями по практическому заданию.
2. Выполнить задание.
3. Оформить работу в тетради для практических занятий.

Ход работы:

1. Получить у преподавателя исходный вариант для выполнения расчета.
2. Используя «Диаграмму состояния Fe- Fe₃C» и теоретическую часть опишите процессы термической обработки для стали по вашему заданию.
3. Ответить на контрольный вопросы.

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 технологи-ческих 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°C, выдерживание — ½ — 2 часа; остывание — медленное.

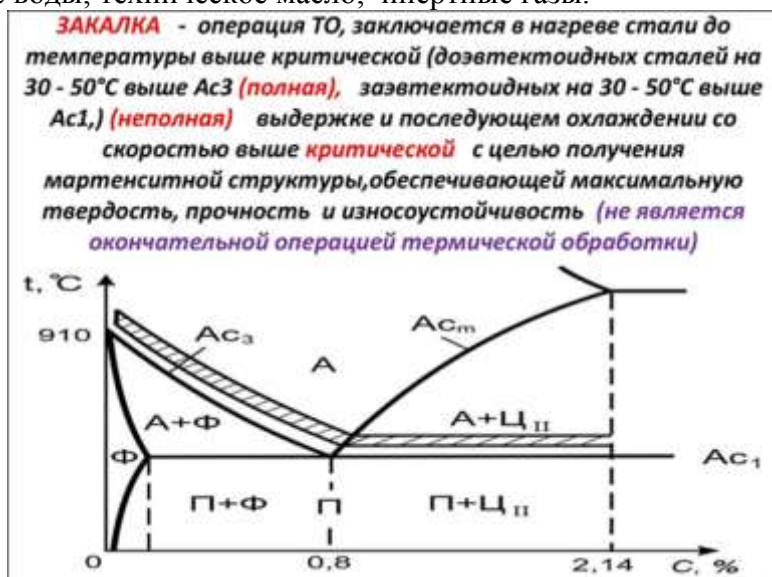
Изотермическому отжигу подвергают детали небольших сечений из легирован-ных и углеродистых сталей для того чтобы произошел распад аустенита. Нагревание до температуры — на + 30°C — 50°C выше точки Ac₃, последующего ускоренного охлажде-ния до температуры ниже точки Ac₁, последующей изотермической выдержке в течении 3-6 ч и дальнейшего охлаждения на спокойном воздухе.

Полный отжиг применяется для доэвтектоидных сталей. Нагрев стали осуществляется на 30-50° выше линии GS

диаграммы $Fe-Fe_3C$, и до температуры $500\text{ }^{\circ}C$ 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 $30-50^{\circ}C$ выше линии PSK диаграммы $Fe-Fe_3C$ (или выше $700^{\circ}C$) на $40^{\circ}C$ — $50^{\circ}C$. 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 ($150 \dots 650\text{ }^{\circ}C$), т. е. ниже критической точки Ac_1 , 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 ... 250 °С**, 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

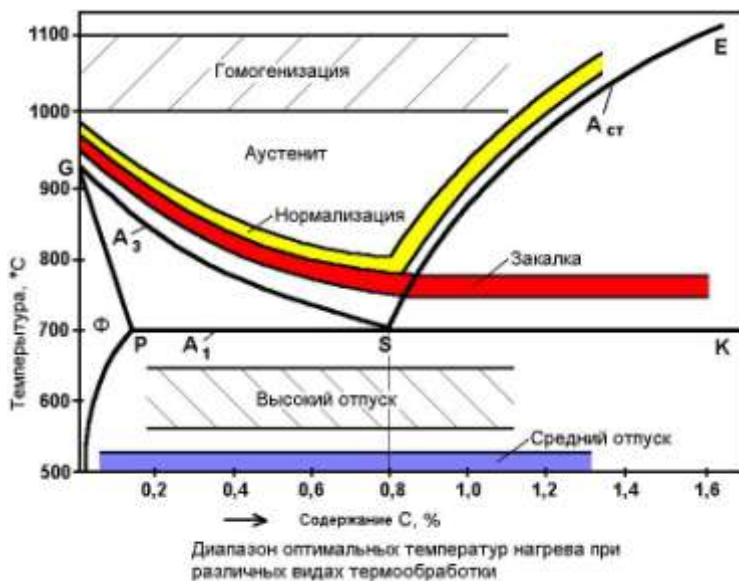


Диаграмма состояния Fe- Fe₃C

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 обработке позволяет получать структуру , обеспечивающую максимальную твердость, прочность и износостойчивость?
10. Изложите основные факторы от которых зависит время нагрева сплава в печи?

Практическая работа №52. Анализ влияния термической обработки на микроструктуры инструментальных сталей микроструктур инструментальных сталей

Цель работы.

получить практические навыки в изучении микроструктуры инструментальных сталей и установить связь между структурами и термической обработкой.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

–находить микроструктуры инструментальных сталей и установить связь между структурами и термической обработкой;

Задание:

1.Изучить микроструктуры инструментальных сталей после различных видов термообработки.

2.Оформить протокол

3. Ответить на контрольные вопросы.

4.Сделать необходимые выводы.

Оборудование

Не используется

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;

- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения

Заэвтектоидные углеродистые стали от У9 до У13 и легированные стали Х, ХВГ, 9ХС в отожженном состоянии имеют структуру зернистого перлита, а после закалке в воде и масле - мартенсит+карбиды.

Наиболее распространенными легированными инструментальными сталями являются быстрорежущие стали Р18, Р5М6. В литом состоянии структура этих сталей состоит из ледебуритной эвтектики и продуктов распада аустенита. При ковке получают обособленные карбиды и сорбитообразный перлит. В прокатанной стали карбиды располагаются в виде

скоплений и полос. После заковки структура состоит из мартенсита, карбидов и остаточного аустенита. При перегреве микроструктура быстрорежущей стали характеризуется крупным зерном и образованием сетки карбидов, а при пережоге происходит оплавление и появление ледебуритной эвтектики. Микроструктура быстрорежущей стали после трехкратного отпуска состоит из мартенсита и карбидов.

Микроструктура инструментальных сталей

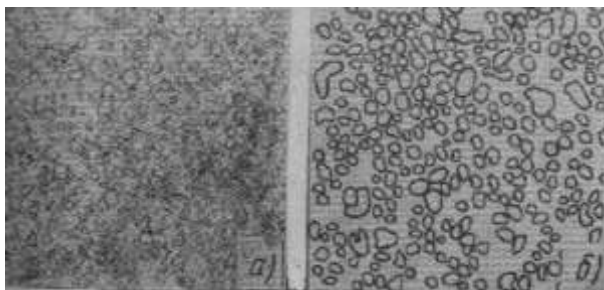


Рис.1. Сталь У10. Отжиг – зернистый перлит

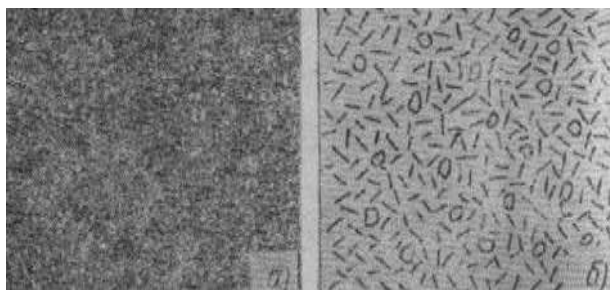


Рис.2. Сталь У10. Закалка и низкий отпуск-мартенсит и цементит

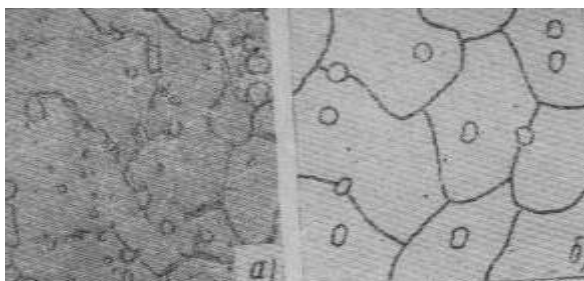


Рис. 3. Сталь P18. Закалка (перегрев)

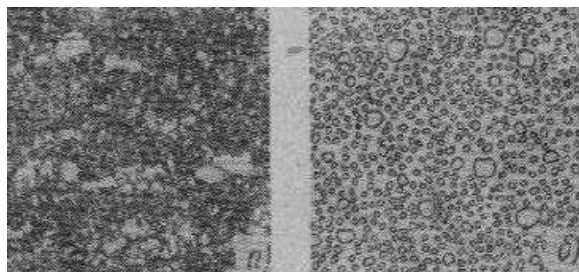


Рис.4. Сталь P18. Ковка и отжиг.



Рис.5. Сталь P18. Карбидная неоднородность.

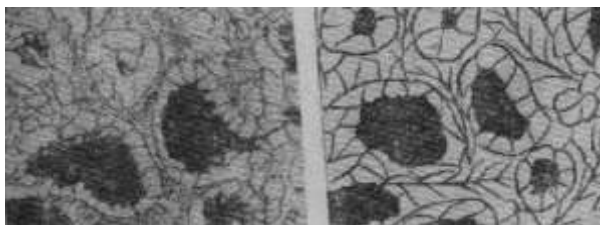


Рис.6. Сталь Р18. Закалка (пережог).

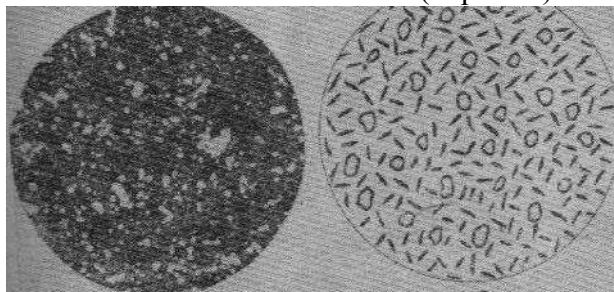


Рис. 7. Сталь Р18. Закалка и трехкратный отпуск

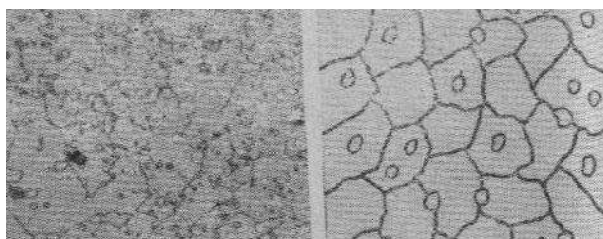


Рис. 8. Сталь Р18. Закалка (нормальный нагрев)

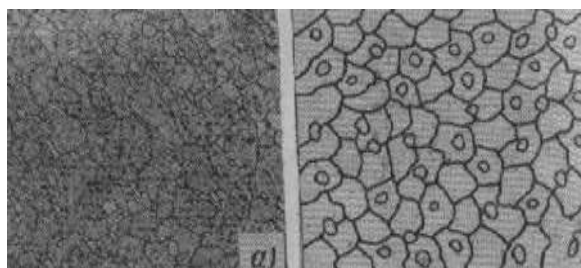


Рис. 9. Сталь Р18.Закалка (недогрев)



Рис.10. Сталь Р18. Литье.

Ход работы

- 1.Изучить микроструктуры инструментальных сталей после различных видов термообработки.
- 2.Оформить протокол

№ п/ п	Наименовани е и марка стали	Термообработк а	Микроструктура	
			Зарисовк а	Наименовани е

- 3.Сделать необходимые выводы.

Контрольные вопросы

- 1.Какими свойствами должны обладать инструментальные стали?
- 2.Где применяют углеродистые инструментальные стали?
- 3.Как маркируют инструментальные стали?
- 4.Какой химический состав имеют быстрорежущие стали?
- 5.Как зависят свойства быстрорежущих сталей от способа термической обработки?

Практическая работа №53. Анализ инструкций по технике безопасности при различных видах работ
Цель работы.

изучить инструкцию по охране труда по своей профессии.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- компетентны по инструкции по охране труда по своей профессии.

Задание:

Изучить инструкцию по охране труда для своей профессии и ответить на контрольные вопросы.

Оборудование

Не используется

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения

Инструкции по охране труда— нормативный акт, устанавливающий требования охраны труда при выполнении различных видов работ.

Инструкции по охране труда должны состоять из следующих разделов:

1. Общие требования охраны труда;
2. Требования охраны труда перед началом работы;
3. Требования охраны труда во время работы (при нормальных обычных обстоятельствах);
4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях;
5. Требования охраны труда по окончании работы.

В разделе «Общие требования охраны труда» рекомендуется отражать:

1) условия допуска работника к самостоятельной работе по данной профессии или к данному виду работ или на данном рабочем месте к выполнению соответствующих трудовых обязанностей:

- “ возраст лиц, пол, состояние здоровья, необходимость первичного и периодического медицинского освидетельствования;

- “ наличие определенной квалификации;

- “ необходимость прохождения предварительного специального обучения и/или инструктажа по охране труда;

2) краткая характеристика условий труда и их возможного влияния на организм работника:

- “ технологического процесса, оборудования, инструмента, приемов работы, основных применяемых материалов (особенно если они по физическому состоянию или химическим свойствам могут представлять опасность) с указанием опасных и вредных факторов, действующих на работников. (Важно отметить источники образования данных факторов и зоны их действия на работников);

3) периодичность прохождения обучения и инструктажей по охране труда для работника, выполняющего данные виды работ и/или работающего на данном рабочем месте;

4) требования, предъявляемые к безопасной эксплуатации оборудования;

5) перечень средств коллективной защиты работников, которые в соответствии с условиями деятельности должны быть установлены в рабочей зоне данного рабочего места;

6) конкретные места их установки (при необходимости);

7) перечень средств индивидуальной защиты, спецодежды и спецобуви, которыми должен обеспечиваться работник (при необходимости – с указанием норм выдачи и срока использования для данной профессии или должности, а также с обозначением стандартов или технических условий на них);

8) требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности (в том числе перечень первичных средств пожаротушения, автоматических извещателей системы пожарной сигнализации, которые должны быть (могут быть) установлены в рабочей зоне либо на участке, в цехе и т.п.;

9) указание о необходимости соблюдения правил внутреннего распорядка. Требования по выполнению режимов труда и отдыха;

10) правила личной гигиены, которые должен знать и соблюдать работник при выполнении заданий. Обязательность наличия в помещении медицинской аптечки;

11) правила поведения работников при остром профессиональном заболевании (отравлении) и травмировании, включая порядок уведомления должностных лиц работодателя, а также краткая информация о способах оказания первой помощи пострадавшему (если отсутствует специально разработанная инструкция для работников);

12) порядок уведомления должностных лиц работодателя (непосредственного руководителя) о выявленных неисправностях оборудования, приборов и инструментов, которые могут привести к авариям и несчастным случаям;

13) ответственность работника за нарушение требований инструкции по охране труда (невыполнение требований инструкции должно рассматриваться как нарушение трудовой дисциплины и индивидуального трудового договора).

В раздел «Требования охраны труда перед началом работы» рекомендуется включать:

1) порядок подготовки рабочего места, средств индивидуальной защиты;

2) порядок проверки безопасности рабочего места и его готовности к работе (проверка свободности проходов, проездов, доступов к органам управления, исправности, оборудования, приспособлений, инструмента, контрольно-измерительных приборов, ограждений, сигнализации, блокировочных и других

устройств, необходимых для создания безопасных условий труда, местной вентиляции и местного освещения;

3) порядок проверки наличия и состояния исходных материалов (заготовки, сырье, провода и т. п.; места хранения и складирования, особенно легковоспламеняющихся жидкостей и материалов, ветоши, промасленной тары и т. п.;

4) порядок проверки средств пожарной безопасности, в том числе средств сигнализации и тушения пожара;

5) порядок приема смены в случае непрерывной работы.

В разделе «Требования охраны труда во время работы» рекомендуется предусматривать:

1) требования к использованию средств индивидуальной защиты, спецодежды, спецобуви при проведении работ;

2) порядок пуска и остановки оборудования;

3) требования безопасного обращения с исходными (заготовки, сырье и т. п.) и вспомогательными материалами;

4) безопасные способы и приемы подъема и перемещения тяжестей (работы, выполняемые вручную, использование тары, транспортных средств, грузоподъемных машин и механизмов и т. п.);

5) порядок установки агрегатов, оснастки и органов управления в безопасное положение;

6) безопасные приемы установки и съема заготовок и деталей, их замеров;

7) способы и приемы безопасного выполнения работ с учетом последовательности проведения технологического процесса, эксплуатации оборудования, приборов;

8) порядок и правила пользования ручным и механизированным инструментом, приспособлениями и устройствами, а также переносным освещением и т. п.;

9) порядок взаимодействия при групповом выполнении работ;

10) обязанности работника следить за исправностью инструмента, защитных и предохранительных приспособлений,

показаниями контрольных или сигнализирующих устройств и приборов и т. п.;

11) основные виды отклонений от нормы в технологическом режиме и порядок приведения работы оборудования, приборов и так далее до требуемых значений (снижение или увеличение напряжения, уменьшение или увеличение давления и температуры, изменение скорости или числа оборотов и т. п.);

12) действия, направленные на предотвращение аварийных и травмоопасных ситуаций при возникновении тех или иных неисправностей, повреждений, поломок;

13) указания о безопасном содержании рабочего места, недопустимости накопления отходов в рабочей зоне и т. п.;

14) меры безопасности работников при обнаружении неисправностей оборудования, инструмента и т. п. (указать конкретные действия работника);

15) требование соблюдения правил личной гигиены при выполнении работы;

16) особые меры безопасности при эксплуатации систем, работающих под давлением, при проведении работ с применением вредных, пожаро- и взрывоопасных веществ;

17) порядок проведения работ повышенной опасности;

18) особые требования при выполнении работ на высоте и меры защиты от падающих с высоты предметов. Меры безопасности при производстве работ в полевых условиях, вблизи линий электропередач, водоемов, в колодцах, емкостях, при передвижении человека через водные преграды, железнодорожные переезды, по пересеченной местности, а также в сложных метеорологических условиях, если это требуется по условиям работы;

19) правила пожарной безопасности при проведении работы;

20) другие необходимые для обеспечения безопасности работника действия.

В разделе «Требования охраны труда в аварийных ситуациях» рекомендуется излагать:

1) действия в возможных аварийных ситуациях (загорание при работе, активизация токсичных и взрывоопасных газов, разлив горючих или агрессивных жидкостей, появление напряжения на корпусе оборудования и т. д.);

2) действия по оказанию первой медицинской помощи пострадавшим при травмировании, отравлении и внезапном заболевании;

3) порядок эвакуации работников из опасных зон;

4) порядок аварийного отключения оборудования;

5) порядок уведомления руководителей при возникновении аварийной ситуации.

В разделе «Требования охраны труда по окончании работ» рекомендуется отражать:

1) порядок безопасного отключения, остановки, разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин и механизмов, аппаратуры, приборов, а при непрерывном процессе – порядок передачи их следующей смене;

2) порядок складирования готовой продукции;

3) порядок уборки отходов производства;

4) требования по наведению порядка на рабочем месте, уборке инструментов, инвентаря, приспособлений и сдаче их на место хранения или следующей смене.

5) требования по обеспечению пожарной безопасности (отключение электрооборудования, нагревателей, освещения и других источников, могущих вызвать загорание);

6) порядок сдачи рабочего места;

7) требования соблюдения производственной санитарии, особенно по окончании работ с вредными веществами;

8) правила очистки, спецобработки (при необходимости) спецодежды, спецобуви, защитных средств и сдачи их на хранение.

В инструкциях не должны применяться слова, подчеркивающие особое значение отдельных требований

(например, «категорически», «особенно» «обязательно», «строго», «безусловно» и т.п.), так как все требования инструкции должны выполняться работниками в равной степени.

Если безопасность выполнения работы обусловлена определенными нормами, то они должны быть указаны в инструкции (величина зазоров, расстояния и т.п.).

Контрольные вопросы.

1. Что такое инструкция по охране труда?
2. Какие требования предъявляются перед началом работы?
3. Какие требования предъявляются во время работы?
4. Какие требования предъявляются по окончании работы?
5. Какие требования предъявляются в аварийных ситуациях?

Практическая работа №54. Анализ и составление рабочих инструкций при различных видах работ

Цель работы.

- ознакомиться с инструкцией по охране труда по своей профессии и составить инструкцию при определённом виде работы.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- компетентны по инструкции по охране труда по своей профессии.

Задание:

1. Разработать и оформить инструкцию по охране труда для заданной преподавателем профессии или вида работы.

2. Используя разработанную инструкцию, провести инструктаж по охране труда с группой студентов.

Оборудование

Не используется

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения

Важным условием предупреждения производственного травматизма и аварийных ситуаций, является своевременное и качественное обучение работающих безопасным и безвредным приемам труда. Особая роль в этом отводится инструкциям по охране труда, которые разрабатывают для непосредственных исполнителей различных технологических процессов.

Требования к разработке инструкций по охране труда для работников устанавливаются в соответствии с Инструкцией о порядке принятия локальных нормативных правовых актов по охране труда для профессий и отдельных видов работ.

Инструкция устанавливает порядок подготовки и принятия работодателями локальных нормативных правовых актов по охране труда в виде инструкций по охране труда для профессий и отдельных видов работ (услуг).

Работодатели, не наделенные правом принятия локальных нормативных правовых актов, руководствуются соответствующими типовыми инструкциями по охране труда.

Работодателем должны быть разработаны и приняты инструкции по охране труда для профессий и отдельных видов работ (услуг), выполняемых в организации работниками различных профессий и должностей (например, погрузочно-

разгрузочные работы, работы с электроинструментом и тому подобные), а также для работ, выполнение которых связано с повышенной опасностью (например, работы на высоте, работы в резервуарах, колодцах и других емкостных сооружениях и тому подобные).

Инструкции по охране труда разрабатываются на основе нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, требования которых должны соблюдаться в организации, а также требований по охране труда, изложенных в технологической документации, технической документации на оборудование, эксплуатируемое в организации, с учетом специфики деятельности организации, конкретных условий производства работ, оказания услуг.

При отсутствии в нормативных правовых актах, в том числе технических нормативных правовых актах, требований по охране труда для профессий или отдельных видов работ (услуг) работодатели разрабатывают и включают в инструкции по охране труда требования по охране труда, обеспечивающие сохранение жизни, здоровья и работоспособности работающих в процессе трудовой деятельности.

В инструкции по охране труда включаются только те требования, которые относятся к охране труда и выполняются самими работающими.

Положения инструкций по охране труда не должны противоречить нормативным правовым актам, техническим нормативным правовым актам, содержащим требования по охране труда.

Работодатель обеспечивает изучение инструкций по охране труда работающими (проведение инструктажа по соответствующим инструкциям) до начала работ (оказания услуг).

Требования инструкций по охране труда являются обязательными для работающих, их невыполнение рассматривается как нарушение трудовой дисциплины.

Выполнение работающими требований инструкций по

охране труда проверяется при осуществлении всех видов контроля в системе управления охраной труда, учитывается при оценке состояния охраны труда в организации и ее структурных подразделениях, осуществлении морального и материального стимулирования работающих за соблюдение требований по охране труда по итогам работы за соответствующий период.

Порядок разработки инструкций по охране труда

Инструкции по охране труда разрабатываются в соответствии с перечнем, который составляется службой охраны труда (специалистом по охране труда), а при ее отсутствии - специалистом, на которого возложены эти обязанности, с участием руководителей структурных подразделений, служб, главных специалистов организации (главного механика, главного технолога, главного энергетика и других), службы организации труда и Перечень инструкций по охране труда составляется с учетом утвержденного в организации штатного расписания в соответствии с Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих, Единым квалификационным справочником должностей служащих.

Перечень инструкций по охране труда утверждается руководителем организации или его заместителем, в должностные обязанности которого входят вопросы организации охраны труда.

Разработка инструкций по охране труда осуществляется на основании приказов и распоряжений руководителя организации, в которых определяются исполнители и сроки выполнения работ.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями структурных подразделений организации (цехов, участков, отделов, лабораторий, кафедр и других) с участием профсоюзов (уполномоченных лиц по охране труда работников организации).

Руководство разработкой инструкций по охране труда возлагается на руководителя организации или его заместителя, в должностные обязанности которого входят вопросы организации охраны труда.

В необходимых случаях руководитель организации привлекает к разработке инструкций по охране труда иные организации либо отдельных специалистов, оказывающих услуги в области охраны труда.

Служба охраны труда организации осуществляет постоянный контроль за своевременной разработкой, проверкой и пересмотром инструкций по охране труда, оказывает методическую помощь разработчикам, содействует обеспечению их необходимыми правилами по охране труда, типовыми инструкциями по охране труда, другими нормативными правовыми актами, в том числе техническими нормативными правовыми актами, содержащими требования по охране труда.

При использовании в качестве инструкций по охране труда типовых инструкций по охране труда (без их переработки с учетом специфики деятельности организации) последние, необходимо согласовать и утвердить.

Подготовительная работа, предшествующая разработке инструкций по охране труда, включает:

- анализ результатов аттестации рабочих мест по условиям труда, паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда, а также типичных, наиболее вероятных для соответствующей профессии, вида работ (услуг) причин несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- изучение информационных писем, приказов, распоряжений, постановлений органов государственного управления, вышестоящих организаций в связи с имевшими место авариями, несчастными случаями на производстве, профессиональными заболеваниями и по другим вопросам охраны труда;

- подбор и изучение нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, которые могут быть использованы при разработке инструкций по охране труда, а также других нормативных документов, соответствующей технической литературы, учебных пособий и тому подобного;
- определение опасных и (или) вредных производственных факторов, характерных для соответствующей профессии, вида работ (услуг), имеющих место при нормальном режиме, отклонениях от нормального режима, в аварийных ситуациях, мер и средств защиты от них;
- подбор средств индивидуальной защиты, обеспечивающих эффективную защиту от вредных и (или) опасных производственных факторов, присущих данному технологическому процессу (виду работ, услуг), как в нормальном режиме, так и в аварийных ситуациях;
- определение требований по охране труда к применяемому оборудованию, приспособлениям, инструменту, безопасных методов и приемов работы, последовательности выполнения работ, а также технических и организационных мероприятий, подлежащих отражению в инструкции по охране труда.

Требования нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, других нормативных документов, включаемые в инструкцию по охране труда, должны быть изложены применительно к конкретному рабочему месту и реальным условиям труда работающего. Положения указанных документов, не требующие конкретизации, вносятся без изменений в инструкцию по охране труда.

Проект инструкции по охране труда рассматривается службой охраны труда (объектовым пожарным аварийно-спасательным подразделением, медицинской службой), другими заинтересованными структурными подразделениями организации, а также профсоюзом (уполномоченным лицом по охране труда работников организации).

После рассмотрения поступивших замечаний и предложений проект инструкции по охране труда дорабатывается.

Проект инструкции по охране труда должен быть напечатан одинаковым шрифтом без текстовых выделений (подчеркивание, печатание вразрядку, прописными буквами), за исключением названия инструкции, ее разделов и глав, подстрочных примечаний к проекту инструкции, грифов «УТВЕРЖДЕНО», «СОГЛАСОВАНО».

Проект инструкции по охране труда подписывается руководителем структурного подразделения (разработчика) и представляется на согласование:

службе охраны труда (специалисту по охране труда или специалисту, на которого возложены эти обязанности);

при необходимости, по усмотрению службы охраны труда (специалиста по охране труда или специалиста, на которого возложены эти обязанности) - другим заинтересованным структурным подразделениям и должностным лицам организации;

профсоюзу (уполномоченному лицу по охране труда работников организации).

Утверждение инструкции по охране труда осуществляется руководителем организации или его заместителем, в должностные обязанности которого входят вопросы организации охраны труда, либо приказом организации. Утверждение инструкции по охране труда оформляется грифом «УТВЕРЖДЕНО», который располагается в правом верхнем углу первой страницы инструкции.

Оформление первой и последней страниц инструкции по охране труда производится согласно приложению 1. Для вводимых в действие новых и реконструированных производств допускается разработка временных инструкций по охране труда.

Временные инструкции по охране труда обеспечивают безопасное ведение технологических процессов (работ) и безопасную эксплуатацию оборудования. Они разрабатываются

на срок до приемки указанных производств в эксплуатацию.

Структура и содержание инструкций

Каждой инструкции по охране труда присваивается название и обозначение (регистрационный номер в организации).

Название инструкции по охране труда располагается от левого края строки. В наименовании кратко указывается, для какой профессии или вида работ (оказываемых услуг) она предназначена (например, инструкция по охране труда для газосварщика; инструкция по охране труда при выполнении работ на высоте).

Инструкция по охране труда подразделяется на главы и пункты. Пункты могут подразделяться на подпункты, части или абзацы (если пункт состоит из одной части), подпункты - на части или абзацы (если подпункт состоит из одной части), части - на абзацы.

Нумерация глав и пунктов должна быть сквозной для всей инструкции по охране труда, подпунктов - сквозной для каждого пункта.

Главы обозначаются арабскими цифрами и должны иметь название, которое пишется прописными буквами и размещается в центре строки.

В тексте инструкции по охране труда номера глав, пунктов, подпунктов обозначаются цифрами, номера частей и абзацев при ссылках на них пишутся словами.

Требования инструкции по охране труда излагаются в соответствии с последовательностью технологического процесса и с учетом условий, в которых выполняется данная работа.

Инструкция по охране труда должна содержать следующие главы, именуемые:

- «Общие требования по охране труда»;
- «Требования по охране труда перед началом

работы»;

- «Требования по охране труда при выполнении работы»;
- «Требования по охране труда по окончании работы»;
- «Требования по охране труда в аварийных ситуациях».

В инструкцию по охране труда с учетом специфики профессии, вида работ (услуг) могут включаться другие главы.

В главе **«Общие требования по охране труда»** отражаются:

- требования по охране труда по допуску работающих к работе по соответствующей профессии или виду работ (услуг) с учетом возраста, пола, состояния здоровья, наличия необходимой квалификации, прохождения обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда и тому подобного;
- обязанности работающих соблюдать требования по охране труда, а также правила поведения на территории организации, в производственных, вспомогательных и бытовых помещениях, использовать и правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты, немедленно сообщать руководителю работ о любой ситуации, угрожающей жизни или здоровью работающих и окружающих, несчастном случае, произошедшем на производстве, ухудшении состояния своего здоровья, оказывать содействие по принятию мер для оказания необходимой помощи потерпевшим и доставки их в организацию здравоохранения;
- недопустимость нахождения работающих в состоянии алкогольного опьянения либо в состоянии, вызванном употреблением наркотических средств, психотропных или токсичных веществ, а также распития спиртных напитков, употребления наркотических средств, психотропных или токсичных веществ на рабочем месте или в

рабочее время, курения в неустановленных местах;

- перечень опасных и (или) вредных производственных факторов, которые могут воздействовать на работающих в процессе труда;

- перечень средств индивидуальной защиты, выдаваемых в соответствии с установленными нормами, с указанием маркировки по защитным свойствам;

- требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности;

- порядок уведомления работодателя об обнаруженных неисправностях оборудования, приспособлений, инструмента, нарушениях технологического процесса;

- требования о необходимости уметь оказывать первую помощь потерпевшим при несчастных случаях на производстве;

- требования по личной гигиене, которые должен знать и соблюдать работающий при выполнении работы, оказании услуг;

- ответственность работающего за нарушение требований инструкции по охране труда.

В главе **«Требования по охране труда перед началом работы»** отражается порядок:

- проверки годности к эксплуатации и применения средств индивидуальной защиты;

- подготовки рабочего места, проверки комплектности и исправности оборудования, приспособлений и инструмента, эффективности работы вентиляционных систем, местного освещения, средств коллективной защиты (защитного заземления (зануления) электрооборудования, устройств ограждающих, предохранительных, тормозных, автоматического контроля, сигнализации и других);

- проверки состояния исходных материалов, заготовок, полуфабрикатов, комплектующих изделий;

- приемки рабочего места при сменной работе.

В главе «Требования по охране труда при выполнении работы» отражаются:

- способы и приемы безопасного выполнения работ (оказания услуг), использования технологического оборудования, приспособлений и инструмента;
- требования безопасного обращения с исходными материалами (сырье, заготовки, полуфабрикаты);
- способы и приемы безопасной эксплуатации транспортных средств, тары и грузоподъемных механизмов;
- указания по безопасному содержанию рабочего места;
- основные виды отклонений от нормального технологического режима и методы их устранения;
- действия, направленные на предотвращение условий возникновения взрывов, пожаров и других аварийных ситуаций;
- требования по применению работающими средств индивидуальной защиты, соответствующих характеру выполняемой работы и обеспечивающих безопасные условия труда.

В главе «Требования по охране труда по окончании работы» отражаются:

- порядок безопасного отключения (остановки), разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин, механизмов и аппаратуры;
- порядок уборки рабочего места;
- порядок сдачи рабочего места, а при непрерывном процессе - порядок передачи их по смене;
- требования по соблюдению мер личной гигиены;
- порядок извещения руководителя работ о недостатках, влияющих на безопасность труда, выявленных во время работы.

В главе «Требования по охране труда в аварийных ситуациях» отражаются:

- возможные (основные) аварийные ситуации, которые могут привести к аварии или несчастному случаю, а также причины, их вызывающие;
- действия работающих при возникновении аварийных ситуаций;
- действия по оказанию первой помощи потерпевшим при аварии, в результате травмирования, отравления или внезапного заболевания;
- порядок сообщения об аварии и несчастном случае на производстве.

Изложение требований по охране труда в инструкции по охране труда

Текст инструкции по охране труда излагается лаконично, простым и ясным языком, исключающим различное толкование ее норм.

Терминология инструкции по охране труда должна формироваться с использованием общепонятных слов и словосочетаний. Одни и те же термины должны употребляться в одном значении и иметь единую форму. Определения терминов должны быть понятными и однозначными, излагаться лаконично. При необходимости уточнения терминов и их определений, используемых в инструкции по охране труда, в ней помещается пункт, разъясняющий их значение, обычно помещаемый в начале текста инструкции.

В тексте инструкции по охране труда не допускается употребление:

- просторечий и экспрессивных форм разговорной речи;
- в одном и том же смысле разных понятий (терминов);
- нечетких словосочетаний, обобщенных рассуждений, восклицаний и призывов, образных сравнений,

эпитетов, метафор;

- аббревиатур, кроме общеизвестных;
- ненормативной лексики.

Инструкция по охране труда не должна содержать ссылок на какие-либо нормативные документы (кроме ссылок на другие инструкции по охране труда, действующие в данной организации). Требования нормативных документов воспроизводятся в инструкциях по охране труда текстуально или в изложении.

Специальные обозначения используются в инструкции по охране труда только в том понимании, в каком они употребляются в соответствующей специальной области. В случае необходимости специальные обозначения поясняются в инструкции по охране труда.

В тексте инструкции по охране труда следует избегать изложения требований в форме запрета. При необходимости следует приводить разъяснение, чем вызван запрет (например, во избежание поражения электрическим током не допускается производить монтажные работы в шкафах, блоках, стойках, находящихся под напряжением, и так далее).

В инструкции по охране труда не применяются слова, подчеркивающие особое значение отдельных требований (строго, категорически, безусловно и тому подобные), так как все нормативные предписания инструкции по охране труда должны выполняться работающими в равной степени.

Для наглядности отдельные требования инструкции по охране труда могут быть проиллюстрированы рисунками, схемами или чертежами, поясняющими смысл требований.

. Если безопасность выполнения работы обусловлена определенными нормами, то они указываются в инструкции по охране труда (величины зазоров, расстояний и тому подобного).

Замена слов в тексте инструкции по охране труда буквенным сокращением (аббревиатурой) допускается при условии полной расшифровки аббревиатуры при ее первом применении.

Требования, относящиеся к однородным опасностям, излагаются общим понятием (например, вместо слов «не прикасаться к вращающимся патрону, фрезе, детали и тому подобному» следует писать «не прикасаться к вращающимся или перемещающимся частям станка и детали»).

При изложении обязательных для исполнения нормативных предписаний в тексте типовых инструкций по охране труда применяются слова «должен», «не допускается», «необходимо», «следует». Слова «как правило», «преимущественно» означают, что данное нормативное предписание является преобладающим, а отступление от него при подготовке соответствующей инструкции по охране труда организации должно быть обосновано.

Проверка и пересмотр инструкций по охране труда

Инструкции по охране труда подвергаются периодической проверке с целью определения их соответствия действующим требованиям по охране труда и решения вопроса о необходимости их пересмотра.

Проверка инструкций по охране труда проводится не реже одного раза в пять лет, а инструкций по охране труда для профессий и работ с повышенной опасностью - не реже одного раза в три года.

Если в течение указанных сроков условия труда на рабочих местах и требования нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, использованных при составлении инструкции, не изменились, то приказом по организации действие инструкции по охране труда продлевается на следующий срок, о чем делается запись: «Срок действия продлен. Приказ от __ № __» на первой странице инструкции.

До истечения сроков, инструкции по охране труда пересматриваются в случаях:

- введения новых или внесения изменений и дополнений в нормативные правовые акты, технические

нормативные правовые акты, содержащие требования по охране труда;

- внедрения новой техники и технологий;
- применения новых видов оборудования, материалов, аппаратуры и инструмента, изменения технологического процесса или условий работы. В данном случае пересмотр инструкции по охране труда производится до введения указанных изменений;
- возникновения аварийной ситуации, несчастного случая на производстве или профессионального заболевания, вызвавших необходимость внесения изменения в инструкцию по охране труда.

Порядок оформления, согласования и утверждения пересмотренных инструкций по охране труда такой же, как и вновь разработанных.

Регистрация и учет инструкций по охране труда

Утвержденные инструкции по охране труда регистрируются службой охраны труда (специалистом по охране труда или специалистом, на которого возложены эти обязанности) в журнале регистрации инструкций по охране труда по форме согласно приложению 2 в порядке, установленном в организации.

Копирование инструкций по охране труда производится любым способом, обеспечивающим идентичность копий с подлинником. Инструкции по охране труда могут быть оформлены в виде брошюры или односторонних листов.

Инструкции по охране труда выдаются структурным подразделениям и соответствующим должностным лицам организации с регистрацией в журнале учета выдачи инструкций по охране труда по форме согласно приложению 3.

У руководителя структурного подразделения организации должен храниться комплект инструкций по охране труда по всем профессиям и видам работ (услуг), выполняемых

в данном подразделении, а также перечень этих инструкций. Отмененные инструкции по охране труда изымаются службой охраны труда организации (специалистом по охране труда или специалистом, на которого возложены эти обязанности). Инструкции по охране труда хранятся в месте, определяемом руководителем структурного подразделения с учетом обеспечения доступности и удобства пользования ими работающими, либо вывешиваются на рабочих местах и участках. В случаях, когда доступ работающих к инструкциям по охране труда затруднен (выполнение работ (услуг) вне территории организации и других подобных случаях), инструкции выдаются работающим под роспись в журнале учета выдачи инструкций по охране труда.

Контрольные вопросы

1. Кем разрабатываются инструкции по охране труда?
2. Какая подготовительная работа предшествует разработке инструкций по охране труда?
3. Из каких глав должна состоять инструкция по охране труда и их содержание?
4. Каков порядок согласования и утверждения инструкций по охране труда?
5. Периодичность пересмотра инструкций по охране труда.

Первая страница инструкции по охране труда

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания профсоюзного комитета от _____ № _____

УТВЕРЖДЕНО

Приказ от _____ № _____

или

или

СОГЛАСОВАНО

Уполномоченное лицо по охране труда работников организации

(подпись) (фамилия, инициалы)

(дата)

УТВЕРЖДЕНО

Руководитель организации (заместитель руководителя организации, в должностные обязанности которого входят вопросы организации охраны труда)

(подпись) (фамилия, инициалы)

(дата)

Инструкция
по охране труда

(наименование)

(номер инструкции либо другие ее реквизиты)

Текст инструкции

Последняя страница инструкции по охране труда

Текст инструкции

СОГЛАСОВАНО

Руководитель службы охраны труда (специалист по охране труда или специалист, на которого возложены эти обязанности)	Руководитель структурного подразделения
--	---

(подпись)

(фамилия, инициалы)

(подпись)
(фамилия,
инициалы)

ЖУРНАЛ
регистрации инструкций по охране труда

№ п/п	Наименование инструкции	Дата утверждения	Обозначение (номер), присвоенное инструкции	Плановый срок проверки и инструкции	Должность, фамилия, инициалы лица, зарегистри- ровавшего инструкцию	Подпись лица, зарегистри- ровавшего инструкцию	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

ЖУРНАЛ
учета выдачи инструкций по охране труда

Дата выдачи инструк- ции	Обозначение (номер) инструкции	Наименование инструкции	Структурные подразделения (работавшие), получившие инструкцию	Количество выданных инструкций	Должность, фамилия и инициалы получателя инструкции	Подпись получателя инструкции	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

--	--	--	--	--	--	--	--

Перечень инструкций по охране труда для разработки студентами.

1. Инструкция по охране труда при работе с шихтовыми материалами.
2. Инструкция по охране труда при работе на конвертере.
3. Инструкция по охране труда при работе на дуговой сталеплавильной печи.
4. Инструкция по охране труда при уборке окалины.
5. Инструкция по охране труда при работе с горячим металлом.
6. Инструкция по охране труда при уборке транспортировке металлолома.
7. Инструкция по охране труда для рабочих, обслуживающих сталеплавильные агрегаты.
8. Инструкция по охране труда при работе с жидким чугуном.
9. Инструкция по охране труда при завалке материалов в печи и конвертеры.
10. Инструкция по охране труда при подготовке ковшей, желобов.
11. Инструкция по охране труда при работе на агрегате печь-ковш.
12. Инструкция по охране труда при выпуске, разливке и уборке стали.
13. Инструкция по охране работе с огнеупорными материалами.
14. Инструкция по охране работе с легковоспламеняющимися порошковыми материалами и смесями на их основе.
15. Инструкция по охране работе с отводом, охлаждением и очистки конвертерных газов.

Практическая работа №55. Анализ, изучение и составление плана эвакуации

Цель работы.

- научиться составлять планы эвакуации при пожаре с соблюдением требований законодательства.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- составлять планы эвакуаций на предприятии.

Задание:

1. Разработать и оформить план эвакуации.
2. Оформить практическую работу
3. Ответить на контрольные вопросы.

Оборудование

Не используется

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

- полнота выполненного задания;
- своевременное предоставление выполненной работы.

Краткие теоретические сведения

План эвакуации при пожаре – документ, в котором указаны эвакуационные пути и выходы, установлены правила поведения людей, а также порядок и последовательность действий обслуживающего персонала на объекте при возникновении пожара.

Назначение плана эвакуации - изучение сотрудниками своих обязанностей и действий по эвакуации людей в случае пожара.

Главное требование к планам эвакуации при пожаре - доступность в понимании изображения схемы эвакуации людей.

Планы эвакуации могут быть этажными, секционными, локальными и сводными (общими).

Этажные планы эвакуации разрабатывают для этажа в целом. На этажных планах эвакуации в графической части должен быть указан номер этажа.

Секционные планы эвакуации следует разрабатывать:

- если площадь этажа более 1000 м²;
- при наличии на этаже нескольких обособленных эвакуационных выходов, отделенных от других частей этажа стенами, перегородкой;
- при наличии на этаже раздвижных, подъемно-опускных и вращающихся дверей, турникетов;
- при сложных (запутанных или протяженных) путях эвакуации.

Этажные и секционные планы эвакуации, относящиеся к одному зданию, сооружению, транспортному средству или объекту, включаются вторыми экземплярами в сводный (общий) план эвакуации.

Сводные планы эвакуации следует хранить у дежурного и выдавать по первому требованию руководителя ликвидации чрезвычайной ситуации.

Локальные планы эвакуации следует разрабатывать для отдельных помещений (кабинетов учебных учреждений, номеров гостиниц, общежитий, больничных палат, кают пассажирских судов и т.п.).

После проведения работ по реконструкции или перепланировке здания, сооружения, транспортного средства, объекта в план эвакуации должны быть внесены соответствующие изменения.

План эвакуации должен включать в себя:

- графическую часть;
- текстовую часть;
- приложение к плану эвакуации - «журнал отработки плана эвакуации».

Графическая часть включает планы здания размером 400*600мм. Они не должны загромождаться второстепенными деталями. Сплошными зелеными стрелками показывают основные рекомендуемые пути эвакуации; пунктирными стрелками указывают резервные пути эвакуации. На планах эвакуации должно быть условными знаками, высотой от 8 до 15 мм в едином масштабе, показано размещение огнетушителей, пожарных кранов, телефонов.

На этажных планах эвакуации в графической части должен быть указан номер этажа.

Текстовая часть включает:

- способы оповещения о пожаре (чрезвычайной ситуации);
- порядок и последовательность эвакуации людей;
- направление движения людей к эвакуационным выходам;
- открытие всех эвакуационных выходов;
- проверка все ли люди покинули помещения;
- проверка срабатывания систем дымоудаления, действия в случае не срабатывания этой системы;
- порядок ручного (дублирующего) включения систем (установок) пожарной и противоаварийной автоматики.
- тушение пожара;
- эвакуация имущества;
- обязанности и действия людей, в том числе порядок вызова пожарных или аварийно-спасательных подразделений, экстренной медицинской помощи и др.

Текстовая часть утверждается руководителем организации.

В каждой организации должны проводиться мероприятия по отработке действий персонала в случае пожара с периодичностью не реже одного раза в год. При отработке плана эвакуации следует проводить хронометраж. В журнал отработки плана эвакуации заносится дата проведения такого мероприятия и фамилия ответственного лица.

Порядок выполнения занятия

1 Изучить общие принципы составления плана эвакуации при пожаре.

2 Письменно ответить на вопросы теоретической части:

- дайте определение плана эвакуации при пожаре;
- перечислите части плана эвакуации при пожаре и их содержание;
- укажите периодичность проведения мероприятий по отработке действий персонала в случае пожара.

3 В соответствии с ГОСТ Р 12.2.143-2009 «ССБТ. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля» и ГОСТ Р 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная» составить план эвакуации при пожаре (Приложение Г).

4 Установить на плане соответствующие знаки эвакуации.

5 Сделать вывод, который должен содержать резюме о выполненной самостоятельной работе.

Содержание отчета

1 Тема и цели занятия.

2 Ответы на теоретические вопросы.

3 План эвакуации при пожаре.

4 Вывод.

Контрольные вопросы

1 Назовите условия, необходимые для возникновения пожара.

2 Перечислите причины пожара на производстве.

3 Расскажите каким образом влияют продукт горения и дым на организм человека.

4 Перечислите способы эвакуация людей по тревоге «пожарная тревога».

5 Расскажите что или кого необходимо эвакуировать на пожаре в первую очередь.

6 Перечислите виды огнетушителей, которые применяют при пожаре для тушения электроустановок находящихся под напряжением до 1000 В.

7 Поясните для чего необходимы планы эвакуации на предприятии.

8 Расскажите каким образом классифицируются планы эвакуации на предприятиях.

9 Объясните из каких частей состоит план эвакуации.

10 Расскажите как часто в организации должны проводиться мероприятия по отработке действий персонала в случае пожара.