

**САНКТ–ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

С.Г. Мельник П.В. Ковалев С.В. Рябошук

МЕТАЛЛУРГИЯ СТАЛИ
Конвертерное производство

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Санкт-Петербург

2023

Металлургия стали. Конвертерное производство. [Электронный ресурс]:

Методические указания к самостоятельному изучению курса «Металлургия стали» для студентов направления 22.00.00 «Технологии материалов», направлений 22.0302 и 22.04.02 «Металлургия» дневной, заочной и удалённой форм обучения / сост. С. Г. Мельник, П.В. Ковалев, С.В. Рябошук. – Санкт-Петербург, СПбПУ Петра Великого – 22 с. – Режим доступа:

Сформулированы цели и задачи самостоятельной работы для изучения теоретических и технологических основ производства качественных сталей различного назначения, в том числе в сталеплавильных агрегатах конвертерного типа с внепечной обработкой и разливкой на машинах непрерывного литья заготовок МНЛЗ.

Приведены необходимые методические указания и теоретические сведения по технологии производства стали в кислородных конвертерах для самостоятельной работы учащихся. Представлен перечень рекомендуемой для обучения литературы. Предназначены для обучающихся по направлениям «Металлургия» и «Технологии материалов». Методические указания могут быть полезны студентам неметаллургических специальностей и специалистам сталеплавильного и литейного производства.

Составители: С.Г. Мельник, д-р. техн. наук, профессор,
П.В. Ковалев, канд. техн. наук, доцент,
С.В. Рябошук, ст. преподаватель

© Мельник С. Г., Ковалев П.В., Рябошук С.В.
© Санкт–Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛЫ КУРСА И ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ.....	5
Раздел 1. Томасовский и бессемеровский способы конвертирования.....	5
Раздел 2. Шихтовые материалы кислородно-конвертерной плавки.....	6
Раздел 3. Физико-химические процессы при конвертировании стали.....	8
Раздел 4. Рафинирование стали.....	9
Раздел 5. Конструкция и оборудование кислородного конвертера.....	11
Раздел 6. Основные технологические операции кислородно- конвертерной плавки.....	12
Раздел 7. Формирование шлаков в кислородном конвертере. Их значение в производстве качественной конвертерной стали.....	13
Раздел 8. Способы донной и комбинированной продувок кислородно-конвертерных плавков.....	15
Раздел 9. Переработка ванадиевых чугунов, а также чугунов, содержащих фосфор и хром, в кислородных конвертерах.....	16
КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	17
ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ.....	18
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – деятельность учащихся, которая заключается в самостоятельном определении целей, задач, средств их достижения, на основе познавательных потребностей и интересов; выбор собственного познавательного пути, направленного на создание творческого образовательного продукта; анализе результата

Самообразование – специфический вид деятельности, которую личность осуществляет добровольно в целях удовлетворения познавательных потребностей или улучшения своих личностных качеств или способностей.

Под самостоятельной работой в широком смысле понимают любую деятельность личности по осуществлению поставленных перед ней целей без непосредственного участия руководителя, то есть любой вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной активности учащегося, связанный с самостоятельной работой. Важность самостоятельной работы для получения крепких знаний по дисциплине трудно переоценить, поэтому учащемуся необходимо уделять достаточно внимания и добросовестно выполнять назначенный обучающей программой объем самостоятельной работы.

Цель методических указаний: способствовать изучению теоретических и технологических основ производства качественных сталей современным кислородно-конвертерным процессом с внепечной обработкой и непрерывной разливкой стали на современных МНЛЗ. Задачи самостоятельной работы для учащихся изложены в каждом разделе в соответствии с технологическими переделами производства стали. Задачи предлагается решать с помощью перечня рекомендуемой литературы. Для самостоятельной проверки усвоения знаний учащимся предлагается перечень контрольных вопросов по теме.

РАЗДЕЛЫ КУРСА И ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ОБУЧЕНИЮ

Раздел 1. Томасовский и бессемеровский способы конвертирования

Рассматриваются процессы производства стали в томасовских и бессемеровских конвертерах. Изучаются особенности основного оборудования, отличия в материалах, используемых для футеровки томасовских и бессемеровских конвертеров, применяемого дутья.

Анализируются технологические процессы ведения плавки, изменение химического состава металла при осуществлении продувки. Изучаются особенности составов металла, шлака и отходящих газов в течение продувки металлической ванны воздухом. Исследуются результаты производства стали в томасовских и бессемеровских конвертерах в сравнении с выплавкой стали в кислородных конвертерах.

Контрольные вопросы к первому разделу:

1. Конструкция и главные характеристики бессемеровского конвертера. Продувочные устройства. Материалы к вопросу изложены в литературе: [1, с. 72 – 76]; [2, с. 211 – 213]; [4, с. 132 – 134].

2. Изменение состава металла, шлака и отходящих газов по ходу продувки. Ответы есть в [1, с. 72 – 76]; [2, с. 213 – 215]; [4, с. 135 – 138].

3. Геометрические характеристики томасовского конвертера. Изменение содержания химических элементов металла в процессе продувки. Ответы изложены в [1, с. 76 – 79]; [2, с. 215 – 218]; [4, с. 146 – 154].

Эффективность усвоения материала четвертого раздела может быть проверена ответами на следующие вопросы:

а) В чем заключается основное отличие состава футеровок бессемеровского и томасовского конвертеров?

б) Какого вида шлаки формируются в бессемеровском и томасовском конвертерах? Различие их составов.

в) Возможна ли в бессемеровском конвертере выплавка стали из фосфористых чугунов? Ответ обосновать.

г) Какой основной недостаток присущ бессемеровскому и томасовскому средствам выплавки стали?

д) Почему продувка металла в кислородных конвертерах эффективнее продувки его в бессемеровских и томасовских конвертерах?

е) В чем состоит основное отличие в технологических процессах выплавки стали в кислородных, бессемеровских и томасовских конвертерах

Раздел 2. Шихтовые материалы кислородно-конвертерной плавки

Рассматриваются тема, цели и задачи исследования дисциплины, исторические аспекты возникновения, развития и улучшения технологических действий получения железа. Выполняется анализ развития процессов выплавки стали от кричного железа до высокопрочных качественных легированных сталей ответственного назначения. Дается анализ тенденций расширения рынков металлов с существенным ростом объема и сортамента металлопродукции.

Приводятся особенности конкурентной борьбы на международных металлургических рынках, которые, наряду с экономическими показателями, требуют постоянного совершенствования качества металлопродукции и инициируют темпы развития металлургической отрасли, как в ведущих мировых государствах, так и в развивающихся странах. Дается анализ тенденций расширения рынков металлов с существенным ростом объема и сортамента металлопродукции. Дается характеристика возможностей металлургической отрасли в регионах.

Разъясняются термин «шихтовые материалы», состав и свойства шихтовых материалов конвертерной, мартеновской плавки, плавок в дуговых, индукционных и других печах, цели, задачи, виды шихтовых материалов и их назначение, изучаются способы их получения и подготовки, основные требования к ним.

При изучении раздела 2 рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. Какие виды шихтовых материалов Вам известны? Основные характеристики передельного чугуна и стального лома. Информация имеется в следующих источниках: [1, с. 107 – 110]; [2, с. 176 – 199]; [8, с. 205 – 212]; [4, с. 166 – 168].

2. Неметаллические шлакообразующие материалы, применяемые при выплавке стали, их назначение, условия применения, требования к их химическому и фракционному составу, транспортировке и хранению. Материалы находятся в учебниках и пособиях [2, с. 199 – 211]; [4, с. 168 – 170]; [8, с. 212 – 234].

3. Окислители в сталеплавильных процессах, их составы и свойства. Кислородное дутье, технически чистый кислород, продувочные устройства, информация излагается в [1, с. 183 – 189]; [2, с. 203 – 205]; [4, с. 243 – 251].

Для проверки знаний по первому разделу рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. В чем состоит подготовка металлолома к плавке, где она осуществляется?

2. Как предотвращают поступление цветных металлов – меди, никеля, свинца, цинка из металлического лома в расплав?

3. В чем заключается подготовка передельного чугуна к плавке, где она выполняется? Какие методы и оборудование используются для подготовки передельного чугуна к конвертерной плавке?

При контроле знаний по первому разделу рекомендуется подготовить ответы на следующие вопросы:

а) В чем необходимость отделения лома черных металлов от цветных примесей? На каком оборудовании и каким способом производится разделение лома черных и цветных металлов?

б) Что такое П.П.П. извести? Каким образом осуществляется контроль этого показателя? Оборудование и разработка обжига известняка для получения извести. Укажите требования к фракционному составу известняка и извести.

в) Прокомментируйте требования по чистоте кислорода для продувки конвертерной плавки. На каком оборудовании производится получение технически чистого кислорода для продувки металла конвертерной плавки?

г) Способы, оборудование и порядок загрузки шихтовых материалов в кислородный конвертер.

Раздел 3. Физико-химические процессы при конвертировании стали

Во втором разделе изучаются реакции окисления примесей металлической ванны: кремния и марганца, процесс окисления углерода. Рекомендуется рассмотреть процесс окисления углерода с точки зрения теории критических концентраций профессора С. И. Филиппова. Необходимо обратить внимание на особое место реакции окисления углерода с точки зрения необратимости и участия в организации перемешивания ванны в результате образования и выделения газообразных продуктов реакции обезуглероживания.

Следует рассмотреть термодинамические и кинетические особенности окислительных процессов в сталеплавильных агрегатах. Произвести их сопоставление с восстановительными процессами, протекающими в других металлургических агрегатах, например, в доменных печах. Необходимо изучить особенности процессов окисления-восстановления марганца, кремния и фосфора при продувке металлической ванны кислородом, ознакомиться с вопросами термодинамики и кинетики раскисления стали, её легирования и микролегирования, гидродинамики сталеплавильной ванны и особенностями плавления металлического лома в расплаве.

Рекомендуемые вопросы по разделу 3:

1. Равновесная и фактическая зависимости содержания кислорода от содержания углерода в железоуглеродистых расплавах. Уравнение Вачера-Гамильтона. Критические концентрации углерода при обезуглероживании металлических расплавов. Информация приведена в [1, с. 39 – 43]; [2, с. 98 – 107]; [3, с. 150 – 156].

2. Какое влияние на поведение марганца в металлическом расплаве оказывают состав шлака и температура? Ответы на вопросы есть в учебниках и других публикациях: [1, с. 38 – 39]; [2, с. 108 – 110]; [3, с. 192 – 204]; [5, с. 112 – 125]; [6, с. 105–111].

3. Особенности поведения кремния в стали в условиях окислительной конвертерной плавки. Как увеличение содержания кремния в чугуна влияет на расход извести при выплавке стали? Ответы на задаваемые вопросы приведены в литературе: [1, с. 35 – 37]; [3, с. 192 – 204]; [5, с. 112 – 125]; [6, с. 105 – 111].

Вопросы для самоконтроля по второму разделу:

а) Напишите химическую реакцию окисления углерода при продувке металла конвертерной плавки кислородом.

б) Чему равно равновесное значение $m = [C] \cdot [O]$ при 1600°C, определенное Вачером и Гамильтоном, для процесса обезуглероживания железоуглеродистого расплава.

в) Какие факторы определяют скорость реакции обезуглероживания стали при концентрациях выше и ниже критической?

г) Каково влияние оксидов железа шлака на содержание кремния и марганца в металле?

д) Напишите химические реакции окисления Si, Mn, P при продувке металла в конвертере кислородом.

Раздел 4. Рафинирование стали

При изучении материалов этого раздела следует обратить внимание на закономерности поведения в металлических расплавах вредных примесей – серы и фосфора, на особенности термодинамических и кинетических процессов рафинирования расплавов от вредных примесей. Необходимо рассмотреть особенности механизмов связывания серы и фосфора в соединения, которые впоследствии могут всплывать и переходить из металлической в шлаковую фазу. Познакомиться с оборудованием, технологическими процессами и реакциями внепечного рафинирования стали от вредных примесей, выяснить, что такое элементы – десульфураторы, особенности их применения для рафинирования стали от серы. Необходимо ознакомиться с методами определения параметров, характеризующих процесс рафинирования расплавов от серы – степенью десульфурации стали, коэффициентом распределения серы между шлаком и металлом, а также с сульфидной ёмкостью рафинировочных шлаков.

В материалах раздела приводятся данные о результатах десульфурации металла как на стадии подготовки к плавке, так и в сталеплавильном агрегате и при ковшевой обработке.

При изучении материалов раздела рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. Технологические параметры (температура и окисленность металла, окисленность, основность шлаков и др.) и их влияние на величину степени десульфурации стали, термодинамических и фактических коэффициентов распределения серы и фосфора. Эти вопросы подробно отражены в учебниках: [2, с. 112 – 118]; [6, с. 111 – 118]; [8, с. 260 – 264].

2. Из каких материалов, применяемых в производстве стали, происходит поступление примесей в металлический расплав?

Материалы изложены в учебниках: [1, с. 46 – 49]; [2, с. 110 – 112]; [3, с. 204 – 207].

3. Какими способами можно обеспечить понижение серы и фосфора в металлическом расплаве при выплавке стали в сталеплавильном агрегате?

Данные по этому вопросу освещены в учебниках: [4, с. 174 – 178]; [2, с. 124 – 126]; [6, с. 69 – 75].

4. Роль кислорода и марганца в снижении содержания серы в стали. Материалы по этому вопросу можно найти в: [2, с. 126 – 127]; [6, с. 143 – 149].

Для закрепления материала предлагается ответить на следующие вопросы:

а) Как определить степень десульфурации стали?

б) Как определить термодинамический коэффициент распределения серы между шлаковой и металлической фазами конвертерной плавки?

в) При помощи какого уравнения можно рассчитать степень дефосфорации стали?

г) По какому уравнению можно определить фактический коэффициент межфазного распределения серы?

д) Реакция удаления серы при модифицировании стали Са – содержащими реагентами.

е) Роль марганца в процессе удаления серы при производстве конвертерной стали.

Раздел 5. Конструкция и оборудование кислородного конвертера

В пятой главе рассматривается конструкция кислородного конвертера, перечисляются основные элементы его оборудования, его местонахождение в цехе. Изучаются вопросы применения различных огнеупорных материалов для футеровки кислородного конвертера. Приводятся данные по организации подачи технически чистого кислорода в конвертер, конструкции кислородных водоохлаждаемых фурм, механизма для перевода фурм из запасной в рабочую позицию, организацию подготовки фурм к эксплуатации. Возможности подачи газа через дутьевые устройства расположены в днище конвертера. Рассматриваются вопросы подготовки кислородного дутья, получения технического кислорода заданной чистоты (не менее 99,5 % O₂) в кислородно-аргонных разделителях (КАР), хранения и доставки кислорода в кислородно-конвертерный цех.

Рекомендованные контрольные вопросы к пятому разделу:

1. Перечислите главные элементы кислородного конвертера. Материалы к вопросу представлены в [1].

2. Какая максимально достигнутая ёмкость кислородных конвертеров в современных конвертерных цехах? С ответом можно ознакомиться в [5, с. 29].

3. Конструкции продувочных кислородных фурм. Что такое 2-х ярусные фурмы и их предназначение? Материалы изложены в [5, с. 29 – 36].

4. Виды огнеупоров, применяемых для футеровки кислородных конвертеров. В чем состоят основные отличия периклазоуглеродистой футеровки от других видов футеровок? Данные представлены в: [10, с. 14]; [10, с. 213 – 219]; [5, с. 378 – 398].

Вопросы для проверки эффективности усвоения материала пятого раздела:

- а) Назовите основные части корпуса конвертера.
- б) Какие огнеупорные материалы являются наиболее практичными для футеровки кислородного конвертера и почему?
- в) Какие устройства используются для получения кислородного дутья и где они располагаются?
- г) Что такое ОКГ кислородного конвертера? Назначение и местоположение ОКГ.
- д) Сопла каких конструкций применяются в кислородных фурмах?
- е) Из какого материала изготавливают головки и сопла кислородных фурм?
- ж) Схема размещения основного оборудования в кислородно-конвертерном цехе.

Раздел 6. Основные технологические операции кислородно - конвертерной плавки

В разделе рассматриваются основные закономерности физико-химических процессов выплавки стали, изменения состава металла и шлака в процессе продувки металлической ванны технически чистым кислородом. Показаны особенности организации рационального дутьевого режима, расчетных количеств и времени присадки шлакообразующих материалов, перечисляются основные периоды и операции продувки металла кислородом. Приводятся данные по растворению металлического лома и извести. Излагаются также вопросы подготовки металла и конечного конвертерного шлака к последующей внепечной обработке. Перечисляются способы отсечки конвертерного шлака при выпуске металла из конвертера в сталеразливочный ковш.

При изучении материала шестой главы рекомендуется ответить на контрольные вопросы по темам раздела:

1. Основные технологические операции кислородно-конвертерной плавки. Материал изложен в: [1, с. 87 – 96]; [3, с. 288 – 294]; [4, с. 164 – 166, 170 – 171].

2. Физико-химические процессы окисления примесей и образование шлаковой фазы при продувке конвертерной плавки технически чистым кислородом. Изменение состава газовой фазы. Данные по этому вопросу приведены в: [1, с. 111 – 132]; [2, с. 237 – 239]; [4, с. 178 – 186].

3. Изменение химического состава металла и шлака в процессе продувки в кислородном конвертере. Материалы по этому вопросу излагаются в: [1, с. 35 – 49, 111 – 116]; [2, с. 237 – 239]; [4, с. 178 – 186].

Эффективность усвоения материала шестой главы можно проверить по следующим вопросам:

а) Какие параметры влияют на количество присаживаемой в конвертер металлургической извести?

б) Перечислите последовательность технологических операций выплавки стали в кислородном конвертере.

в) Что такое экзотермические и эндотермические процессы? Привести примеры таких процессов, протекающих при производстве пердедельного чугуна и стали в металлургических агрегатах.

г) Уровень содержания (FeO) в конечных конвертерных шлаках?

д) Влияние содержания (FeO) в активных рафинировочных шлаках, применяемых для внепечного рафинирования конвертерной стали ответственного назначения, на эффективность десульфурации стали.

Раздел 7. Формирование шлаков в кислородном конвертере. Их значение в организации процесса производства качественной конвертерной стали

В седьмом разделе рассматриваются вопросы применения неметаллических шихтовых материалов в конвертере. Приводится информация о кинетических особенностях ассимиляции извести в шлаковых расплавах, обсуждаются технологические возможности

улучшения шлакообразования с применением плавикового шпата. Обсуждаются вопросы возможного влияния формирования гомогенного шлакового расплава на физико-химические процессы в металлической ванне, на механизм и кинетику плавления (растворения) лома, влияния заданного соотношения чугуна/лом на параметры продувки расплава кислородом через водоохлаждаемую кислородную фурму.

В седьмом разделе следует изучить вопросы, касающиеся улучшения процессов шлакообразования при продувке металла в конвертере технически чистым кислородом с использованием неметаллических шихтовых материалов.

1. Как химический состав шлака в конвертере влияет на кинетические параметры растворения извести в процессе продувки. Материал изложен в: [1, с. 111 – 116]; [4, с. 174 – 178]; [6, с. 57 – 65].

2. Перечислите факторы, влияющие на ассимиляцию извести при продувке металла в кислородном конвертере. Кинетика шлакообразования и линейная скорость растворения извести. Данные приведены в: [3, с. 74 – 75]; [6, с. 55 – 57]; [5, с. 67 – 88].

3. Кинетические закономерности и механизм плавления металлического лома в железо-углеродных расплавах. Диффузия и тепловой эффект растворения лома в металлическом расплаве. Материал рассматривается в [2, с. 267 – 272]; [3, с. 75 – 77]; [8].

Следующие вопросы для изучения и контроля.

а) Приведите рациональный фракционный состав извести, используемого в конвертерной плавке и обоснуйте его связь с заданным показателем качества извести – П. П. П.

б) Перечислите этапы растворения извести в расплавленной металлической ванне.

в) Назовите флюсующие примеси, которые используют при выплавке стали в конверторах.

г) В чем состоят особенности повторного использования конверторного шлака для улучшения шлакообразования?

д) Режим присадки извести в металлический расплав при выплавке и внепечной обработке конверторной стали?

е) Выбор основности конвертерного шлака для организации шлакового режима плавки различного сортамента.

Раздел 8. Способы донной и комбинированной продувки конвертерных плавки

В этом разделе рассматриваются технологические процессы конвертерного производства стали с донной и комбинированной продувкой. Указываются преимущества и недостатки донной продувки металла в конвертере кислородом и/или нейтральным газом. Рассматриваются достоинства и недочеты комбинированного использования кислорода и нейтральных газов для подачи сверху и снизу. Показаны особенности устройств для донной и комбинированной продувки металла в конвертерах. Рассматриваются особенности требований к огнеупорам, применяемым для донной и комбинированной продувки металлического расплава.

Рекомендуемые вопросы для проверки усвоения материала восьмого раздела:

1. Технологические особенности вариантов конвертерного процесса с донной продувкой кислородом и/или нейтральным газом. Материалы приведены в:

[1, с. 183 – 191]; [2, с. 246 – 254]; [3, с. 333 – 343]; [5, с. 125 – 150].

2. В чем отличие комбинированной продувки металла в конвертере от вариантов донной и верхней подач дутья? Ответ есть в [1, с. 198 – 208];

[8, с. 307 – 316]; [4, с. 240 – 245].

3. В чем состоят преимущества комбинированной продувки стали и ее технико - экономические показатели? Материалы можно найти в: [2, с. 253 – 257]; [3, с. 341 – 343].

4. Произведите сравнительный анализ эффективности технологических вариантов верхней, донной и комбинированной продувки. Данные для анализа приведены в:

[2, с. 246 – 253]; [5, с. 125 – 150]; [8, с. 312 – 316].

Контрольные вопросы для проверки:

а) Какой вариант продувки наиболее распространенный на сегодняшний момент и почему?

б) Чем можно объяснить увеличение выхода годной жидкой стали при использовании донной продувки?

в) Почему эффективность удаления вредных примесей – серы и фосфора – выше при донной продувке металла конвертерной плавки по сравнению с вариантом продувки сверху?

г) В чём состоят основные принципы донной кислородной продувки и конструкций фурм с открытым контуром охлаждения?

Раздел 9. Переработка ванадиевых чугунов, а также чугунов, содержащих фосфор и хром, в кислородных конвертерах

В девятом разделе рассматриваются технологии специальных конвертерных переделов ванадиевых чугунов и чугунов с повышенным содержанием хрома и фосфора. Представлена роль шлаков в этих технологических процессах. Выполняется анализ особенностей физико-химических процессов переработки фосфористых, ванадиевых и хромистых чугунов в кислородных конвертерах. Получение полупродуктов в дуплекс – процессах.

Рекомендуемые в девятом разделе темы:

1. Технологические схемы процессов Кал-До и роторного.

Ответы можно найти в: [1, с. 275 – 278]; [2, с. 261 – 267]; [1, с. 271 – 275]; [4с. 221 – 222].

2. Основные стадии дуплекс – процесса переработки ванадиевых чугунов и их особенности. Информацию можно получить из: [1, с. 281 – 285]; [4, с. 224 – 227]; [6, с. 149 – 154]; [3, с. 347 – 350]; [5, с. 150 – 154].

3. Особенности технологии получения в кислородном конвертере углеродистого полупродукта из чугуна с повышенным содержанием хрома. Материалы можно найти в: [1, с. 285 – 287]; [6, с. 154 – 157].

Уровень подготовки по разделу 9 следует проверить ответами на вопросы:

а) Чем определяется необходимость удаления промежуточного шлака при продувке фосфористых чугунов?

б) Назовите стадии извлечения ванадия при дуплекс – процессе получения ванадия?

в) Чем объясняется низкий выход жидкой стали в разрабатываемых конвертерных технологиях передела чугунов с повышенным содержанием хрома?

г) Процесс науглероживания заэвтектоидных сталей при их производстве в кислородных конвертерах.

д) Особенности производства рельсовых сталей в кислородных конвертерах с верхней продувкой, внепечной обработкой и разливкой на МНЛЗ.

КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

При изучении учебной дисциплины "Металлургия стали" предусмотрены следующие виды контроля самостоятельной работы учащегося:

1. Самоконтроль производится учащимся после изучения определенного курса. Для этого в каждом разделе приводится список контрольных вопросов. Рекомендуется учащемуся предоставить ответы на вопросы в письменном виде без переписки из дополнительной литературы и сравнить ответы с первоисточником (например, конспектом лекций).

2. Аудиторный контроль самостоятельной работы осуществляется преподавателем в аудитории (например, тестирование или контрольная работа). Полученные оценки (баллы) учитываются при подведении итогов по данной дисциплине.

3. Контроль самостоятельной работы учащихся при выполнении курсовой, дипломной, магистерской работ. Учебно-исследовательские работы предусматриваются в соответствии с действующими учебными и методическими пособиями.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ

1. Из каких основных элементов состоит кислородный конвертер?
2. Сколько слоев имеет футеровка конвертера?
3. Чем охлаждается кислородная фурма?
4. Какое содержание кремния должно быть в чугунах?
5. Какова должна быть температура передельного чугуна?
6. Какой должна быть основность шлака по окончании продувки металла кислородом?
7. Какой должна быть температура стали после окончания продувки?
8. Каким должен быть перегрев стали относительно температуры плавления перед разливкой?
9. Какие материалы применяют для раскисления стали?
10. Какое количество CaO содержится в извести?
11. Укажите порядок присадки сыпучих материалов в конвертер.
12. С какой целью применяется плавиковый шпат при выплавке конвертерной стали?
13. Какие материалы являются окислителями?
14. По какой реакции протекает окисление углерода в металлической ванне?
15. Какая реакция лежит в основе окисления марганца?
16. Что является основным источником тепла для нагрева металлической ванны?
17. По какой формуле определяется основность шлака?
18. Перечислите источники образования шлака.
19. Какие материалы используют для разжижения шлака?

20. Какие материалы используют в качестве охладителей расплава?
21. В какой момент плавки наиболее сильно окисляется углерод?
22. В какой момент плавки наиболее сильно окисляется фосфор?
23. Кал-До процесс.
24. Как влияет температура на процесс десульфурации?
25. Укажите последовательность технологических операций при конвертировании стали.
26. Каким образом присаживают шлакообразующие материалы?
27. Как влияет увеличение интенсивности продувки на процесс обезуглероживания?
28. Каким прибором можно определить окисленность стали?
29. Для чего необходимо производить отсечку конечного конвертерного шлака при выпуске углеродистого полупродукта из конвертера в сталеразливочный ковш?
30. Для чего производят усреднение металла в ковше по температуре и химическому составу?
31. Что такое маркировочная проба металла и её назначение?
32. С какой целью применяют водовоздушное охлаждение металла при разливке на МНЛЗ?
33. Какие способы снижения содержания водорода в конвертерной стали Вам известны?
34. Какие приборы применяются для экспресс-контроля газов: кислорода, водорода и азота в жидкой стали на различных технологических переделах: при выплавке, внепечной обработке и непрерывной разливке?
35. Для чего необходимо качание (осцилляция) кристаллизатора МНЛЗ?

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Базовые

1. Бойченко Б. М. Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкция агрегатов, рециркуляция материалов и экология: учебник для вузов / Б. М. Бойченко, В. Б. Охотский, П. С. Харлашин; Национальная металлургическая акад. Украины. – Днепропетровск: РПО «Днепр-ВАЛ», 2004. – 453 с.

2. Кудрин, В. А. Металлургия стали: учебник для студентов вузов по спец. "Металлургия черных металлов" / В.А. Кудрин. – М.: Металлургия, 1989. – 560 с.

3. Бигеев А. М. Металлургия стали: Теория и технология плавки стали: учеб. для вузов/ А. М. Бигеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Челябинск: Металлургия, 1988. – 480 с.

4. Баптизманский В. И. Конвертерные процессы производства стали: Теория, разработка конструкции агрегатов: учеб. для вузов / В. И. Баптизманский, М. Я. Меджибожский, В. Б. Охотский; Ред. Баптизманский. – К. ; Донецк: Высшая школа, 1984. – 343 с.

5. Разработка производства стали в современных конвертерных цехах / С. В. Колпаков, Г. В. Старов, В. В. Смоктий и др. – М. : Машиностроение, 1991. – 464 с.

Дополнительные

6. Баптизманский В. И. Металлолом в шихте кислородных конвертеров / В. И. Баптизманский, Б. М. Бойченко, Е. В. Третьяков; Ред. Баптизманский. – М.: Металлургия, 1982. – 136 с.

7. Современный кислородно-конвертерный процесс / И. И. Борнацкий, Е. И. Исаев, В. И. Баптизманский. – М.: Техника, 1974.–263 с.

8. Баптизманский В. И. Тепловая работа кислородных конвертеров / В. И. Баптизманский, Б. М. Бойченко, В. П. Черевко. – М.: Металлургия, 1988. – 174 с.

9. Якушев, Алексей Михайлович. Справочник конвертерщика / А. М. Якушев. – Челябинск: Metallurgia, 1990. – 447 с.
10. Свойства и условия службы огнеупоров: учеб. пособие / П. А. Плохих и др. – Харьков: Контраст, 2009. – 405 с.
11. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов / М.Я. Меджибожский – Киев; Донецк: Высшая школа, 1986. – 280 с.

**Сергей Григорьевич Мельник, Павел Валерьевич Ковалев,
Сергей Владимирович Рябошук**

МЕТАЛЛУРГИЯ СТАЛИ
Конвертерное производство

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ