

**Министерство образования и науки,
молодежи и спорта Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия**

ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ

**Методические указания
для самостоятельной подготовки к сдаче
контрольной работы и зачета по дисциплине**

**(для студентов специальности 7.05040201
заочной формы обучения)**

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры ТОЛП
Протокол № 14 от 18.12.12 г.

Краматорск, 2012

УДК 669.02(07)

Прогрессивные методы плавки и литья. Методические указания для самостоятельной подготовки к сдаче контрольной работы и зачета для студентов специальности 7.05040201 заочной формы обучения / Сост. М.А. Турчанин. – Краматорск: ДГМА, 2012. – 17 с.

Методические указания предназначены для самостоятельной подготовки студентов специальности 6.05040201 заочной формы обучения к написанию контрольной работы и сдаче зачета по дисциплине «Прогрессивные методы плавки и литья». Данное пособие содержит: структуру и примеры билетов к контрольной работе, примеры ответов на билеты, перечень вопросов для подготовки к их выполнению, ссылки на методразработки, в которых были подробно освещены эти вопросы, критерии оценки ответов и др.

Составитель

М.А. Турчанин, д.х.н., проф.

Отв. за выпуск

А.Н. Фесенко, к.т.н., доц.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СТРУКТУРА БИЛЕТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	5
2 ПРИМЕР БИЛЕТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	5
3 ПРИМЕР ОТВЕТА НА БИЛЕТ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	6
4 ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	12
5 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ БИЛЕТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	14
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	14

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для самостоятельной подготовки студентов специальности 7.05040201 заочной формы обучения к написанию контрольной работы и сдаче зачета по дисциплине «Прогрессивные методы плавки и литья». Данное пособие содержит: структуру и примеры билетов к контрольной работе, примеры ответов на билеты, перечень вопросов для подготовки к их выполнению, ссылки на методразработки, в которых были подробно освещены эти вопросы, критерии оценки ответов и др.

Рекомендуется следующий порядок самостоятельной проработки тем курса:

- ознакомиться с содержанием темы и методическими указаниями, чтобы представить объем и последовательность изложения материала;
- прочитать соответствующие разделы в основном учебнике;
- для расширения представлений о рассматриваемом вопросе обратиться к дополнительной литературе.

Приступая к изучению каждой новой темы курса необходимо четко представить себе объем темы и последовательность разбираемых в ней вопросов. После изучения методических указаний можно переходить к предварительному ознакомлению с материалом по учебнику.

Когда этот первый этап работы выполнен, следует перейти к детальному изучению материала учебника. Читать учебник нужно вдумчиво, внимательно, не торопясь и не пропуская текста, стараясь понять каждую фразу. Если после тщательного изучения темы по учебнику с использованием методических указаний останутся неясные места, нужно обратиться за консультацией к преподавателю.

Чтобы легче запомнить и усвоить материал, рекомендуется составлять краткий конспект по каждому изученному разделу, так как конспект в сочетании с учебником помогает лучше подготовиться к контрольной работе и зачету.

Контрольная работа и зачет – заключительные этапы изучения курса. Залогом успешной их сдачи является систематическая работа над курсом и полное выполнение изложенных здесь требований.

1 СТРУКТУРА БИЛЕТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

./п.	Структура билета	Количество баллов
	Вопрос из темы 1 «Прогрессивные методы индукционной плавки» или из темы 2 «Вакуумный дуговой переплав»	50
	Вопрос из темы 3 «Электронно-лучевая плавка и плазменно-дуговая плавка» или из темы 4 «Электрошлаковый переплав и электрошлаковое литье»	50
Оценка билета		100

2 ПРИМЕР БИЛЕТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1 ВОПРОС (50 баллов)

Металлургические особенности плавки стали в вакуумных индукционных тигельных печах.

2 ВОПРОС (50 баллов)

Сущность метода электрошлакового переплава.

3 ПРИМЕР ОТВЕТА НА БИЛЕТ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

ВОПРОС 1 (50 баллов)

Металлургические особенности плавки стали в вакуумных индукционных тигельных печах.

Для ответа на этот вопрос необходимо воспользоваться теоретическим материалом, который представлен в следующих работах:

- 1 **Челищев, Е.В.** Общая металлургия (Металлургия черных и цветных металлов): учебник для вузов / Е.В. Челищева, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев, Д.И. Рыжонков – М.: Металлургия, 1971. – 478 с.
- 2 **Воскобойников, В.Г.** Общая металлургия: учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1979, - 478 с. (**Воскобойников, В.Г.** Общая металлургия: учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1998, - 768 с. – ISBN 5-229-01148-3)
- 3 **Турчанин, М. А.** Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине “Прогрессивные методы плавки и литья ” для студентов специальностей 7.090403 и 7.090205. М.А. Турчанин. – Краматорск: ДГМА, 2004. – 20 с.
- 4 **Рыжонков, Д. И.** Теория металлургических процессов: Учебник для вузов / Д.И.Рыжонков, П.П.Арсеньев, В.В.Яковлев, Л.А. Пронин, М.Г. Крашенинников, Н.Н. Дроздов. – М.: Металлургия, 1989. – 392 с.

Ответ

Для выплавки высококачественной стали и специальных сплавов с минимальным содержанием неметаллических включений и газов применяют вакуумные индукционные, электродуговые, электронно-лучевые печи. Вакуумная плавка характеризуется следующими преимуществами:

1 В вакууме повышается степень раскисления стали углеродом благодаря более полному протеканию реакции взаимодействия углерода с кислородом, растворенным в металле или находящемся в виде оксидных неметаллических включений.

2. Происходит удаление растворенных в стали водорода и азота, так как при снижении давления растворимость газов в жидких металлах уменьшается.

3. Выделение в расплаве пузырьков газа создает благоприятные условия для всплывания и удаления частиц неметаллических включений.

4 В вакууме происходит более интенсивное испарение цинка, олова, свинца, висмута и других вредных для стали примесей.

5. При производстве фасонных отливок улучшается заполняемость формы жидким металлом за счет устранения противодействия газов в ее каналах, а также из-за возможности более высокого перегрева расплава.

Перечисленные процессы протекают одновременно при плавке металла в вакууме, в результате чего повышается эффективность рафинирования металла.

Наиболее универсальными и эффективными для вакуумной плавки сталей являются индукционные тигельные печи. В них можно выплавлять многие сплавы из различных шихтовых материалов для слитков и фасонных отливок. Наряду с этим индукционные тигельные печи имеют небольшие габаритные размеры и относительно малую массу футеровки, вследствие чего уменьшается количество адсорбированных газов и облегчается создание вакуума в печи.

Полный цикл плавки в вакуумных индукционных печах складывается из следующих основных операций: загрузки шихты; откачки воздуха из камеры печи, расплавления шихты и присадка дополнительных порций шихты, не вошедших в тигель при первой завалке; выдержки металла для раскисления, рафинирования и легирования, разливки металла в изложницы или формы, очистки внутренней поверхности тигля и подготовки печи к следующей плавке.

Устройство вакуумной системы печи зависит от её конструкции, характера и количества откачиваемых газов и других особенностей работы печи. Основным

оборудованием системы являются вакуумные насосы, от устойчивости работы которых во многом зависит качество выплавленного металла.

Расплавление и выдержку металла производят в вакууме, а разливку — в вакууме или среде нейтрального газа, который обеспечивает повышение скорости охлаждения отливки. Для создания вакуума печь имеет герметичный кожух, соединенный с вакуумной системой. Кожух выполнен из нержавеющей стали и охлаждается водой. Внутри кожуха размещены тигель с индуктором и изложница для получения слитка или формы для фасонных отливок. Кроме того, камера печи нередко снабжена устройством для загрузки шихты в тигель и дозатором для введения в ванну различных присадочных материалов (раскислителей, лигатур).

При выплавке низкоуглеродистых сталей и безуглеродистых сплавов для их раскисления углерод присаживают малыми порциями в виде кокса, электродного боя, чугуна. Присадка производится после расплавления металла на стадии его выдержки в печи при перегреве на $50 \dots 100$ °С выше температуры плавления. При более высоком перегреве быстро разрушается футеровка тигля печи. Для удаления газов и летучих примесей из стали остаточное давление в печи на стадии выдержки металла снижают до $10 \dots 1$ Па с $100 \dots 10$ Па во время плавления шихты.

Однако присадкой углерода не удастся полностью раскислить сталь, особенно низкоуглеродистую. Раскисление заканчивают присадкой металлических раскислителей: алюминия, ферроцерия. При выплавке сплавов на никелевой основе в качестве раскислителей применяют присадки никель-кальциевых и никель-магниевых лигатур (вспомогательных сплавов, применяемых для введения в жидкий металл необходимых элементов). Во время выдержки производят также легирование расплава. При этом порядок ввода легирующих элементов зависит от их физико-химических свойств. В начале выдержки вводят в расплав хром, ванадий, алюминий, титан, в конце выдержки — марганец, кремний, бор, редкоземельные металлы. Слишком ранняя присадка этих элементов приведет к загрязнению металла неметаллическими включениями

(оксидами, нитридами). Для ввода в расплав большинства элементов применяют соответствующие лигатуры (ферросплавы).

ВОПРОС 2 (50 баллов)

Сущность метода электрошлакового переплава.

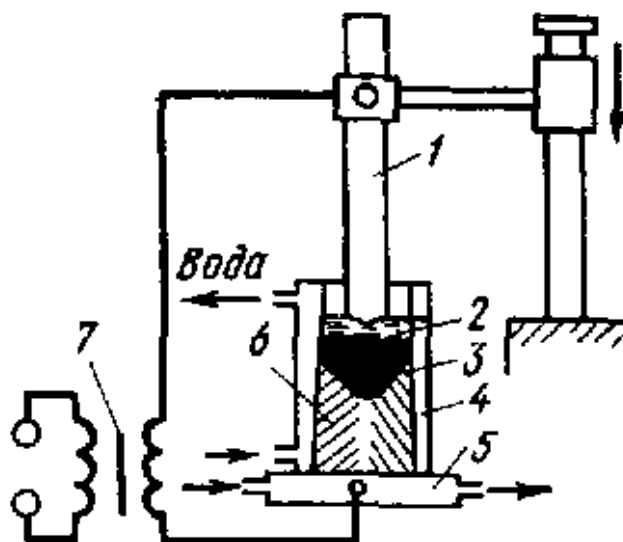
Для ответа на этот вопрос необходимо воспользоваться теоретическим материалом, который представлен в следующих работах:

- 1 **Челищев, Е.В.** Общая металлургия (Металлургия черных и цветных металлов): учебник для вузов / Е.В. Челищева, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев, Д.И. Рыжонков – М.: Металлургия, 1971. – 478 с.
- 2 **Воскобойников, В.Г.** Общая металлургия: учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1979, - 478 с. (**Воскобойников, В.Г.** Общая металлургия: учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1998, - 768 с. – ISBN 5-229-01148-3)
- 3 **Турчанин, М. А.** Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине “Прогрессивные методы плавки и литья ” для студентов специальностей 7.090403 и 7.090205. М.А. Турчанин. – Краматорск: ДГМА, 2004. – 20 с.
- 4 **Рыжонков, Д. И.** Теория металлургических процессов: Учебник для вузов / Д.И.Рыжонков, П.П.Арсеньев, В.В.Яковлев, Л.А. Пронин, М.Г. Крашенинников, Н.Н. Дроздов. – М.: Металлургия, 1989. – 392 с.

Ответ

Одной из основных задач, которые решаются при разработке новых методов плавки, является задача обеспечения высокой чистоты выплавленных металлов и сплавов. Повышение качества металла, его очистка от различных

вредных примесей достигаются при электрошлаковом переплаве (ЭШП). Принципиальная схема простейшей установки ЭШП изображена на рисунке.



1 — расходуемый электрод, 2 — слой жидкого шлака, 3 — ванна жидкого металла, 4 — кристаллизатор, 5 — поддон, 6 — слиток, 7 — печной трансформатор

Рисунок - Схема ЭШП

Расходуемый (расплавляемый) электрод 1 погружается в слой 2 жидкого электропроводящего флюса шлака, который наводится на зеркале жидкой ванны 3 слитка 6, затвердевающего в водоохлаждаемом кристаллизаторе 4. К электроду и поддону 5 кристаллизатора подводится переменный электрический ток, который проходит через слой шлака, нагревает и поддерживает его в жидком состоянии при $1600...2000^{\circ}\text{C}$. При этом часть теплоты передается электроду, торец которого оплавляється. Капли металла, стекающие с торца, проходят через слой шлака, очищаются от вредных примесей в результате физико-химического взаимодействия со шлаком и попадают в ванну слитка. Обработка жидкого металла химически активными шлаками происходит также на оплавляемом торце электрода и на поверхности контакта шлаковой ванны с зеркалом лунки слитка.

Наряду с рафинированием металла жидким шлаком обеспечивается последовательное, направленное снизу вверх затвердевание слитка в водоохлаждаемом кристаллизаторе. Вследствие этого слитки отличаются высокой плотностью и однородностью металла, отсутствием пористости и других дефектов. По стабильности механических свойств, плотности и однородности металл электрошлакового переплава превосходит обычно металл горячего деформирования. В процессе плавки на боковой поверхности слитка образуется тонкая корочка затвердевшего шлака (гарнисаж), изолирующая слиток от кристаллизатора. Это способствует получению ровной гладкой поверхности слитка, не требующей дополнительной механической обработки.

4 ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

- 1 Физико-химические основы вакуумной плавки стали.
- 2 Конструкция и принцип действия вакуумных насосов.
- 3 Конструкция вакуумных датчиков и контроль за вакуумом.
- 4 Основные элементы высоковакуумных систем.
- 5 Металлургические особенности плавки стали в вакуумных индукционных тигельных печах.
- 6 Технологические особенности плавки стали в вакуумных индукционных тигельных печах.
- 7 Плавка стали в вакуумных индукционных тигельных печах.
- 8 Классификация вакуумных индукционных печей.
- 9 Вакуумные индукционные печи периодического действия.
- 10 Вакуумные индукционные печи полунепрерывного действия.
- 11 Общая характеристика вакуумного дугового переплава.
- 12 Типы вакуумных дуговых печей.
- 13 Конструкция вакуумных дуговых печей.
- 14 Электропитание вакуумных дуговых печей.
- 15 Классификация вакуумных дуговых печей по конструктивно-технологическим особенностям.
- 16 Теоретические основы получения слитков с вертикально направленным формированием.
- 17 Металлургические особенности плавки в вакуумных дуговых печах.
- 18 Технологические особенности плавки в вакуумных дуговых печах.
- 19 Вакуумные дуговые гарнисажные печи.
- 20 Общая характеристика электронно-лучевой плавки.
- 21 Металлургические особенности электронно-лучевой плавки.
- 22 Технологические особенности электронно-лучевой плавки.
- 23 Типы установок электронно-лучевого переплава.
- 24 Конструкция промышленных электронных пушек.

- 25 Электронно-лучевые печи.
- 26 Электронно-лучевые печи для фасонного литья.
- 27 Общие характеристики плазменной плавки металлов и сплавов.
- 28 Особенности конструкций промышленных плазмотронов.
- 29 Металлургические особенности плазменно-дугового переплава.
- 30 Технологические особенности плазменно-дугового переплава.
- 31 Плазменно-дуговые печи.
- 32 Плазменно-индукционные печи.
- 33 Общая характеристика и сущность электрошлакового переплава.
- 34 Металлургические особенности электрошлакового переплава.
- 35 Технологические особенности электрошлакового переплава.
- 36 Конструкционно-технологические особенности установок электрошлакового переплава.
- 37 Многоэлектродные печи электрошлакового переплава.
- 38 Печи электрошлакового переплава с дополнительным электродом.
- 39 Поддоны и кристаллизаторы электрошлаковых печей.
- 40 Производство пустых слитков методом электрошлакового переплава.
- 41 Электрошлаковое литье.

5 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ БИЛЕТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п./п.	Структура билета	Количество баллов
1	Вопрос из темы 1 «Прогрессивные методы индукционной плавки» или из темы 2 «Вакуумный дуговой переплав»	50
2	Вопрос из темы 3 «Электронно-лучевая плавка и плазменно-дуговая плавка» или из темы 4 «Электрошлаковый переплав и электрошлаковое литье»	50
Оценка билета		100

- оценки «А» (90-100 баллов, «отлично») за билет заслуживает студент, который в полном объеме ответил на все вопросы билета, логично и последовательно их обосновал, сопровождая их необходимыми формулами, уравнениями химических реакций, схемами агрегатов и т.д., а также продемонстрировал понимание связи рассматриваемых вопросов с основными положениями курса и с реальными процессами, имеющими место в металлургических и литейных системах;

- оценки «В» (81-89 баллов, «хорошо») за билет заслуживает студент, который правильно и в полном объеме с минимальными ошибками ответил на все вопросы билета, логично и последовательно их обосновал, сопровождая их необходимыми формулами, уравнениями химических реакций, схемами агрегатов и т.д., а также продемонстрировал понимание связи рассматриваемых вопросов с основными положениями курса и с реальными процессами, имеющими место в металлургических и литейных системах;

- оценки «С» (75-80 баллов, «хорошо») за билет заслуживает студент,

который в основном правильно и в достаточном для усвоения объеме ответил на все вопросы билета, дал им обоснование, сопровождал необходимыми формулами, уравнениями химических реакций, схемами агрегатов и т.д., допустив при этом, незначительные ошибки, а также продемонстрировал понимание связи рассматриваемых вопросов с основными положениями курса и с реальными процессами, имеющими место в металлургических и литейных системах;

- оценки «D» (65-74 балла, «удовлетворительно») за билет заслуживает студент, который в основном правильно и в достаточном объеме ответил на вопросы билета, но при этом не в полной мере и не всегда последовательно сопровождал необходимыми формулами, уравнениями химических реакций, схемами агрегатов и т.д., а также не всегда демонстрировал понимание связи рассматриваемых вопросов с основными положениями курса;

- оценки «E» (55-64 балла, «удовлетворительно») за билет заслуживает студент, который в минимально допустимом объеме ответил на вопросы билета, но при этом не в полной мере и не всегда последовательно и логично аргументировал и иллюстрировал свои ответы;

- оценки «FX» (30-54 балла, «неудовлетворительно») за билет заслуживает студент, который при ответе на вопросы билета допустил ошибки и испытывал затруднения с обоснованием ответов, а также испытывал затруднения в понимании связи рассматриваемых вопросов с основными положениями курса и проблемами металлургического и литейного производств;

- оценки «F» (1-29 баллов, «неудовлетворительно») за билет заслуживает студент, который при ответе на вопросы билета допустил принципиальные ошибки и продемонстрировал непонимание связи рассматриваемых вопросов с основными положениями курса и проблемами металлургического и литейного производств.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Челищев, Е.В.** Общая металлургия (Металлургия черных и цветных металлов): учебник для вузов / Е.В. Челищева, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев, Д.И. Рыжонков – М.: Металлургия, 1971. – 478 с.
- 2 **Воскобойников, В.Г.** Общая металлургия: учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1979, - 478 с. (**Воскобойников, В.Г.** Общая металлургия: учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1998, - 768 с. – ISBN 5-229-01148-3)
- 3 **Турчанин, М. А.** Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине “Прогрессивные методы плавки и литья ” для студентов специальностей 7.090403 и 7.090205. М.А. Турчанин. – Краматорск: ДГМА, 2004. – 20 с.
- 4 **Рыжонков, Д. И.** Теория металлургических процессов: Учебник для вузов / Д.И.Рыжонков, П.П.Арсеньев, В.В.Яковлев, Л.А. Пронин, М.Г. Крашенинников, Н.Н. Дроздов. – М.: Металлургия, 1989. – 392 с.

Дополнительная литература

- 5 **Григорян, В.А.** Теоретические основы электросталеплавильных процессов / В.А. Григорян, Л.Н. Белянчиков, А.Я. Стомахин – М.: Металлургия, 1987.- 272 с.
- 6 **Рыжонков, Д. И.** Расчеты металлургических процессов на ЭВМ: Учеб. пособие для вузов / Д.И. Рыжонков, С.Н. Падерин, Г.В. Серов, Л.К. Жидкова. – М.: Металлургия, 1987. – 231 с.

- 7 **Островский, О.И.** Свойства металлических расплавов / О.И. Островский, В.А. Григорян, А.Ф. Вишкарёв -М.: Металлургия, 1988.- 304с. – ISBN 5-229-00042-2
- 8 **Ветишка, А.** Теоретические основы литейной технологии: Пособие для вузов: пер. с чешск. / А.Ветишка, Й. Брадик, И. Мацашек, С. Словак – Киев: Вища школа, 1981г.- 320 с.
- 9 **Поволоцкий, Д.Я.** Электрометаллургия стали и ферросплавов / Д.Я. Поволоцкий. – М.: Металлургия, 1984. - 468с.
- 10 **Курапов, Ю.А.** Процессы вакуумного рафинирования металлов при электроннолучевой плавке / Ю.А. Курапов. – Киев: Наукова думка., 1984. – 165с.
- 11 **Калугина, А.С.** Электродуговая плавка металлов / А.С. Калугина. - М.: Металлургия, 1980. - 168с.
- 12 **Тулин, Н.А.** Развитие бескоксовой металлургии / Н.А. Тулин, В.С. Кудрявцев и др. - М.: Металлургия, 1987. – 328 с.

**Министерство образования и науки,
молодежи и спорта Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия**

ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ

**Методические указания
для самостоятельной подготовки к сдаче
контрольной работы и зачета по дисциплине**

**(для студентов специальности 7.05040201
заочной формы обучения)**

Краматорск, 2012