|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Autogenerated |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  **«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  **(ДГТУ)** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |  |  |  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Основы физико-химии сплавов** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Дисциплина «Основы физико-химии сплавов» относится к блоку дисциплин базовой части для подготовки бакалавров.

Дисциплина состоит из теоретической и практической части. Каждая часть содержит как аудиторную работу с преподавателем, так и самостоятельную работу. Рабочая программа дисциплины разработана на основе ФГОС ВО и отвечает требованиям по распределению бюджета времени на изучение дисциплины между аудиторной и самостоятельной работой. На теоретическую часть (лекции) выделено 18 часов, на практические работы – 36 часов.

При подготовке к практическим работам студент должен воспользоваться методическими указаниями, разработанными преподавателями кафедры.

Теоретическая часть дисциплины содержит разделы, указанные в тематическом плане дисциплины. Тематика лекционных занятий соответствует компетенциям, закрепленным за дисциплиной. При изложении лекционного материала используются активные методы обучения. В ходе лекции формулируется проблема и пути ее решения, при этом студент должен ориентироваться в рекомендуемых литературных источниках. Преподаватель акцентирует внимание на основных вопросах, которые предстоит изучить самостоятельно. На практических занятиях изучается методика термодинамического анализа металлургических процессов, описываемых уравнениями реакций, выбора шихтовых материалов и расчета шихты.

Информационно-методическое обеспечение дисциплины включает учебники, учебные пособия и методические указания, представленные в тематическом плане дисциплины. Все эти материалы доступны студентам и имеются в необходимом количестве. Доступ к учебно-методическим материалам возможен с использованием сети INTERNET. Электронные информационные ресурсы представлены на сайте университета http://edu.donstu.ru. Имеется доступ к электронной библиотечной среде (www.ntb.donstu.ru).

Контроль реализации компетенций, закрепленных за дисциплиной в соответствии с ФГОС ВО осуществляется в соответствии с оценочными средствами (ОС), дополняющими рабочую программу дисциплины.

Студенты заочной формы обучения выполняют контрольную работу, суть которой заключается в ответах на вопросы заданного варианта и выполнении двух практических заданий по определению величин характеристических функций заданных процессов и расчету шихты заданного сплава. При выполнении контрольных работ необходимо пользоваться методическими указаниями по изучению курса и выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения, которые размещены на сайте университета http://de.donstu.ru. В конце каждой контрольной работы указывается список использованных источников. Сроки сдачи и оформление контрольной работы устанавливаются графиком учебного процесса

**ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Строение сплавов.
2. Металлохимические свойства элементов.
3. Типы межатомной связи.
4. Кристаллическая структура металлов.
5. Двойные диаграммы равновесий: непрерывных твердых растворов; ограниченных твердых растворов; эвтектических смесей без твердых растворов.
6. Условия образования непрерывных твердых растворов.
7. Упрочнение сплавов.
8. Классификация металлургических процессов.
9. Виды пирометаллургических процессов.
10. Фаза. Фазы, взаимодействующие в металлургических процессах.
11. Дайте определение системы, изолированной системы.
12. Гомогенная система, гетерогенная система.
13. Функции состояния.
14. Термодинамический процесс. Круговой процесс.
15. Виды термодинамических процессов.
16. Термодинамический процесс обратимый и необратимый.
17. Внутренняя энергия системы.
18. Первый закон термодинамики.
19. Закон сохранения энергии.
20. Закон эквивалентности.
21. Следствия из 1-го закона термодинамики: изотермический процесс.
22. Следствия из 1-го закона термодинамики: изохорный процесс.
23. Следствия из 1-го закона термодинамики: изобарный процесс.
24. Энтальпия.
25. Тепловой эффект реакции.
26. Тепловой эффект изохорного процесса.
27. Тепловой эффект изобарного процесса.
28. Эндотермический и экзотермический процессы.
29. Закон Гесса.
30. Следствие из закона Гесса.
31. Теплота образования.
32. Определение теплового эффекта металлургической реакции.
33. Стандартное состояние вещества.
34. Теплота сгорания.
35. Истинная теплоемкость.
36. Закон Кирхгофа.
37. Уравнение Кирхгофа.
38. Второй закон термодинамики.
39. Энтропия.
40. Изохорно**-**изотермическийпотенциал.
41. Изобарно-изотермический потенциал.
42. Максимальная работа.
43. Максимально-полезная работа.
44. Свободная и связанная энергия системы.
45. Уравнение Гиббса**-**Гельмгольца.
46. Условие самопроизвольного протекания процесса.
47. Условие равновесия системы.
48. Характеристические функции.
49. Термодинамические свойства элементов металлургических систем.
50. Константа равновесия химических реакций.
51. Состояние равновесия системы.
52. Закон действия масс.
53. Активность вещества.
54. Коэффициент активности.
55. Уравнение изотермы химической реакции.
56. Состояние равновесия. Условия устойчивого равновесие
57. Принцип смещения равновесия.
58. Фазовые равновесия.
59. Степень свободы системы (вариантность).
60. Закон равновесия фаз (правило фаз).
61. Стадии гетерогенных металлургических реакций.
62. Диффузия. Закон Фика.
63. Горение топлива.
64. Горение углерода.
65. Диссоциация карбонатов.
66. Диссоциация оксидов.
67. Упругость диссоциации карбонатов.
68. Упругость диссоциации оксидов.
69. Образование оксидных фаз.
70. Восстановление металлов из оксидов.
71. Восстановление оксидов железа.
72. Восстановление железа - восстановитель СО(Г).
73. Восстановление железа - восстановитель С(тв).
74. Восстановление железа - восстановитель Me.
75. Состав и строение шлаков.
76. Молекулярная теория строения шлаков.
77. Ионная теория строения шлаков.
78. Ближний и дальний порядок размещения частиц.
79. Взаимодействие металла и шлака.
80. Закон распределения.
81. Свойства жидких шлаков.
82. Основность шлака.
83. Окислительная способность шлака.
84. Физические свойства шлака.
85. Флюсы: состав, назначение, свойства.
86. Расплавленный металл: состав, состояние элементов.
87. Кислородный потенциал.
88. Кинетические факторы процесса окисления.
89. Физико-химические процессы плавки стали.
90. Цикл плавки стали.
91. Окисление углерода в процессе плавки стали.
92. Идеальные растворы.
93. Бесконечно разбавленные растворы.
94. Растворы сравнения.
95. Закон Генри.
96. Закон Рауля.
97. Реальные растворы.
98. Окисление кремния в процессе плавки стали.
99. Окисление марганца в процессе плавки стали.
100. Дефосфорация стали.
101. Десульфурация стали.
102. Раскисление стали.
103. Шихта. Шихтовые материалы.
104. Угар (пригар) элементов.
105. Уравнение температурной зависимости энтропии

Методические указания и задания на выполнение

контрольных работ для студентов заочной формы обучения

**ОСНОВЫ ФИЗИКО-ХИМИИ СПЛАВОВ**

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Целью методических указаний является оказание помощи студентам заочного обучения в изучении дисциплины «Основы физико-химии сплавов» и выполнение контрольных работ по данной дисциплине.

Методические указания включают программу дисциплины с указанием литературных источников для её изучения, задания на контрольные работы и порядок их выполнения.

2 ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. Строение сплавов. Металлохимические свойства элементов.

Сплав. Строение сплавов: механическая смесь, химические соединения, растворы. Металлохимические свойства: атомный радиус, электроотрицательность, ионизационный потенциал.

1. Межатомная связь. Кристаллическая структура.

Типы межатомной связи. Кристаллическая структура, полиморфизм, диаграммы состояния.

1. Металлургия сплавов.

Черная металлургия, цветная металлургия, металлургические процессы, типовые операции, пирометаллургические процессы. Физическая химия металлургических процессов, основные разделы физической химии.

1. Основы химической термодинамики.

Основные понятия и величины термодинамики. Система, гомогенная система, изолированная система, фаза, термодинамический процесс. Обратимый термодинамический процесс, функции состояния.

1. Закон сохранения энергии. Тепловые эффекты химических реакций.

Техническая термодинамика, химическая термодинамика, закон сохранения энергии, закон эквивалентности, первый закон термодинамики, внутренняя энергия, энтальпия, тепловой эффект, закон Гесса, теплота образования, теплота сгорания, истинная теплоемкость, закон Кирхгофа.

1. Направление химических реакций.

Второй закон термодинамики. Энтропия. Термодинамические потенциалы. Максимальная и максимально полезная работа. Основные термодинамические свойства и константы элементов металлургических систем. Константы равновесия химических реакций. Химическое равновесие в гомогенной среде. Активность. Коэффициент активности. Уравнение изотермы химической реакции. Принцип смещения равновесия. Принцип Ле Шателье

1. Фазовые равновесия. Равновесия в гетерогенных системах. Закон равновесия фаз (правило фаз).

Фазовые равновесия, парциальное давление насыщенного пара, условие фазового равновесия, закон равновесия фаз.

1. Гетерогенные металлургические реакции.

Стадии и режимы гетерогенных процессов. Диффузионные процессы. Горение топлива. Горение углерода. Диссоциация карбонатов и оксидов. Образование оксидных фаз. Восстановление металлов из оксидов. Восстановление оксидов железа.

1. Закономерности взаимодействия металлических и шлаковых расплавов.

Состав и строение шлаков: шлаки, молекулярная теория, ионная теория, дальний порядок, ближний порядок. Свойства жидких шлаков: химические свойства шлаков, основность шлака, физические свойства шлаков, газопроницаемость шлака. Расплавленный металл. Флюсы. Примеси в расплаве железа.

1. Основы теории растворов. Виды растворов. Стандартное состояние и растворы сравнения. Взаимодействие металлических и шлаковых расплавов.

Идеальный раствор, закон Рауля, закон Генри, реальные растворы, растворы сравнения, раскисление, кислородный потенциал.

1. Физико-химические процессы при плавке стали. Этапы плавки стали.

Окисление углерода. Окисление кремния. Окисление марганца. Дефосфорация. Десульфурация. Раскисление. Окисление углерода. Окисление кремния. Окисление марганца. Дефосфорация. Десульфурация. Раскисление.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Студенты заочного обучения, не посещающие лекционные занятия, выполняют контрольные задания, суть которых заключается в ответе на вопросы согласно номеру варианта. Номер варианта определяется номером фамилии студента в списке группы.

На все вопросы соответствующего варианта студенты должны дать четкие исчерпывающие ответы в письменном виде с приложением необходимых схем, эскизов, диаграмм, графиков. В конце контрольного задания необходимо привести список используемой литературы.

Вариант 1

1. Строение сплавов.
2. Следствия из 1-го закона термодинамики: изотермический процесс.
3. Изобарно-изотермический потенциал.
4. Стадии гетерогенных металлургических реакций.
5. Свойства жидких шлаков.
6. Шихта. Шихтовые материалы
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции CH4 + 2O2 = CO2 +2H2O рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна СЧ15 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 2

1. Металлохимические свойства элементов.
2. Следствия из 1-го закона термодинамики: изохорный процесс.
3. Максимальная работа.
4. Диффузия. Закон Фика.
5. Основность шлака.
6. Угар (пригар) элементов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции H2O + C = H2 + CO рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна СЧ20 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 3

1. Типы межатомной связи.
2. Следствия из 1-го закона термодинамики: изобарный процесс.
3. Максимально-полезная работа.
4. Горение топлива.
5. Окислительная способность шлака.
6. Уравнение температурной зависимости энтропии
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 3Fe2O3 + CO = 2 Fe3O4 + CO2 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна СЧ25 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 4

1. Кристаллическая структура металлов.
2. Энтальпия.
3. Свободная и связанная энергия системы.
4. Горение углерода.
5. Физические свойства шлака.
6. Расплавленный металл: состав, состояние элементов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции Fe3O4 + CO = 3FeO + CO2 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна СЧ30 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 5

1. Двойные диаграммы равновесий: непрерывных твердых растворов; ограниченных твердых растворов; эвтектических смесей без твердых растворов.
2. Тепловой эффект реакции.
3. Уравнение Гиббса**-**Гельмгольца.
4. Диссоциация карбонатов.
5. Флюсы: состав, назначение, свойства.
6. Образование оксидных фаз.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции FeO + CO = Fe + CO2 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна СЧ10 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 6

1. Условия образования непрерывных твердых растворов.
2. Тепловой эффект изохорного процесса.
3. Условие самопроизвольного протекания процесса.
4. Диссоциация оксидов.
5. Расплавленный металл: состав, состояние элементов.
6. Кислородный потенциал
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции FeO + C = Fe + CO рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ45 ГОСТ 1412-85 в индукционной печи.

Вариант 7

1. Методы упрочнения сплавов.
2. Тепловой эффект изобарного процесса.
3. Условие равновесия системы.
4. Упругость диссоциации карбонатов.
5. Кислородный потенциал.
6. Диссоциация оксидов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeO + C = 2Fe + CO2 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ50 ГОСТ 1412-85 в индукционной печи.

Вариант 8

1. Классификация металлургических процессов.
2. Эндотермический и экзотермический процессы.
3. Характеристические функции.
4. Упругость диссоциации оксидов.
5. Кинетические факторы процесса окисления.
6. Физико-химические процессы плавки стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции SiO2 + 2C = Si + 2CO рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ55 ГОСТ 1412-85 в индукционной печи.

Вариант 9

1. Виды пирометаллургических процессов.
2. Закон Гесса.
3. Термодинамические свойства элементов металлургических систем.
4. Образование оксидных фаз.
5. Физико-химические процессы плавки стали.
6. Флюсы: состав, назначение, свойства.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции FeS + CaO = FeO + CaS рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ60 ГОСТ 1412-85 в индукционной печи.

Вариант 10

1. Фаза. Фазы, взаимодействующие в металлургических процессах.
2. Следствие из закона Гесса.
3. Константа равновесия химических реакций.
4. Восстановление металлов из оксидов.
5. Цикл плавки стали.
6. Раскисление стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции FeS + MgO = FeO + MgS рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна СЧ35 ГОСТ 1412-85 в индукционной печи.

Вариант 11

1. Дайте определение системы, изолированной системы.
2. Теплота образования.
3. Состояние равновесия системы.
4. Закон Гесса.
5. Восстановление оксидов железа.
6. Окисление углерода в процессе плавки стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2P + 5FeO + 4CaO = (CaO)4P2O5 + 5Feрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ30-6 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 12

1. Гомогенная система, гетерогенная система.
2. Определение теплового эффекта металлургической реакции.
3. Закон действия масс.
4. Восстановление железа - восстановитель СО(Г).
5. Идеальные растворы.
6. Роль шлака в металлургических процессах. Основность шлака.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeO + 1/2O2 = Fe2O3 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ33-8 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 13

1. Функции состояния.
2. Стандартное состояние вещества.
3. Активность вещества.
4. Восстановление железа - восстановитель С(тв).
5. Окислительная способность шлака.
6. Уравнение температурной зависимости энтропии
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции Fe2O3 + Fe = 3FeOрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ35-10 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 14

1. Энтальпия.
2. Теплота сгорания.
3. Коэффициент активности.
4. Восстановление железа - восстановитель Me.
5. Растворы сравнения.
6. Расплавленный металл: состав, состояние элементов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 3FeO + CaC2 = 3Fe + CaO + 2COрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ35-10 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 15

1. Виды термодинамических процессов.
2. Тепловой эффект реакции.
3. Уравнение изотермы химической реакции.
4. Состав и строение шлаков.
5. Флюсы: состав, назначение, свойства.
6. Образование оксидных фаз.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции CaO + 3C = CaC2 + COрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ37-12 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 16

1. Термодинамический процесс обратимый и необратимый.
2. Закон Кирхгофа.
3. Состояние равновесия. Условия устойчивого равновесие
4. Диссоциация оксидов.
5. Молекулярная теория строения шлаков.
6. Кислородный потенциал
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 3FeS + CaC2 + 2CaO = 3Fe + 3CaS + 2CO,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ45-7 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 17

1. Внутренняя энергия системы.
2. Тепловой эффект изобарного процесса.
3. Принцип смещения равновесия.
4. Упругость диссоциации карбонатов.
5. Ионная теория строения шлаков.
6. Диссоциация оксидов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeS + 3O2 = 2FeO + 2SO2, рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ50-5 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 18

1. Первый закон термодинамики.
2. Второй закон термодинамики.
3. Фазовые равновесия.
4. Ближний и дальний порядок размещения частиц.
5. Физико-химические процессы при плавке железо-углеродистых сплавов
6. Окисление кремния в процессе плавки стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeO + SiO2 = Fe2SiO4 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ55-4 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 19

1. Закон сохранения энергии.
2. Энтропия.
3. Степень свободы системы (вариантность).
4. Взаимодействие металлических и шлаковых расплавов в металлургических процессах.
5. Окисление марганца в процессе плавки стали.
6. Флюсы: состав, назначение, свойства.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2Cu2S + 3O2 = 2Cu2O + 2SO2 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ60-3 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 20

1. Строение сплавов.
2. Следствия из 1-го закона термодинамики: изотермический процесс.
3. Изобарно-изотермический потенциал.
4. Стадии гетерогенных металлургических реакций.
5. Закон распределения.
6. Дефосфорация стали. Десульфурация стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции Cu2S + 2Cu2O = 6Cu + SO2,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ65-3 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 21

1. Изохорно**-**изотермическийпотенциал.
2. Константа равновесия химических реакций.
3. Закон равновесия фаз (правило фаз).
4. Восстановление металлов из оксидов.
5. Свойства жидких шлаков.
6. Шихта. Шихтовые материалы
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 4Cu2O + CH4 = 8Cu + CO2 + 2H2O,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна СЧ70-2 ГОСТ 1412-85 в вагранке.

Вариант 22

1. Металлохимические свойства элементов.
2. Следствия из 1-го закона термодинамики: изохорный процесс.
3. Максимальная работа.
4. Горение топлива.
5. Окислительная способность шлака.
6. Уравнение температурной зависимости энтропии
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2Fe + O2 + SiO2 = (FeO)2⋅SiO2, рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ40 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 23

1. Типы межатомной связи.
2. Следствия из 1-го закона термодинамики: изобарный процесс.
3. Максимально-полезная работа.
4. Диффузия. Закон Фика.
5. Основность шлака.
6. Угар (пригар) элементов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeS + 3O2 + SiO2 = (FeO)2⋅SiO2 + 2SO2,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ45 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 24

1. Расплавленный металл: состав, состояние элементов
2. Двойные диаграммы равновесий: непрерывных твердых растворов; ограниченных твердых растворов; эвтектических смесей без твердых растворов.
3. Тепловой эффект реакции.
4. Уравнение Гиббса**-**Гельмгольца.
5. Диссоциация карбонатов.
6. Флюсы: состав, назначение, свойства.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2Ni3S2 + 7O2 = 6NiO + 4SO2, рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ35 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 25

1. Кристаллическая структура металлов.
2. Энтальпия.
3. Свободная и связанная энергия системы.
4. Горение углерода.
5. Диссоциация оксидов
6. Физические свойства шлака.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции . NiO + C = Ni + CO,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ50 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 26

1. Первый закон термодинамики.
2. Тепловой эффект изохорного процесса.
3. Условие самопроизвольного протекания процесса.
4. Диссоциация карбидов.
5. Свойства шлакового состава.
6. Кислородный потенциал.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции Ni3C + NiO = 4Ni + CO,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ60 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 27

1. Методы упрочнения сплавов.
2. Тепловой эффект изобарного процесса.
3. Условия самопроизвольного протекания процессов.
4. Упругость диссоциации карбонатов.
5. Второй закон термодинамики.
6. Диссоциация оксидов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 3Fe2O3 + CO = 2 Fe3O4 + CO2, рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ70 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 28

1. Классификация металлургических процессов.
2. Эндотермический и экзотермический процессы.
3. Характеристические функции.
4. Упругость диссоциации оксидов.
5. Кинетические факторы процесса окисления.
6. Физико-химические процессы плавки стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции FeS + CaO = FeO + CaS,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ80 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 29

1. Образование оксидных фаз.
2. Физико-химические процессы плавки стали.
3. Флюсы: состав, назначение, свойства.
4. Активность вещества. Коэффициент активности.
5. Закон Гесса.
6. Термодинамические свойства элементов металлургических систем.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции CaO + 3C = CaC2 + CO,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна ВЧ60 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 30

1. Фугитивность.
2. Следствие из закона Гесса.
3. Константа равновесия химических реакций.
4. Восстановление металлов из оксидов.
5. Физико-химические процессы плавки стали.
6. Раскисление стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции FeS + MgO = FeO + MgS рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна СЧ35 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 31

1. Закон Гесса.
2. Дайте определение системы, изолированной системы.
3. Теплота образования.
4. Условия устойчивого равновесия системы.
5. Восстановление оксидов железа.
6. Окисление углерода в процессе плавки стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2P + 5FeO + 4CaO = (CaO)4P2O5 + 5Feрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ30-6 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 32

1. Определение теплового эффекта металлургической реакции.
2. Закон действия масс.
3. Гомогенная система, гетерогенная система.
4. Восстановление железа - восстановитель СО(Г).
5. Идеальные растворы.
6. Основность шлака.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeO + 1/2O2 = Fe2O3 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ33-8 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 33

1. Стандартное состояние вещества.
2. Окислительная способность шлака.
3. Функции состояния термодинамической системы.
4. Активность вещества.
5. Восстановление железа - восстановитель С(тв).
6. Уравнение температурной зависимости энтропии
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции Fe2O3 + Fe = 3FeOрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ35-10 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 34

1. Характеристические функции изобарного процесса.
2. Теплота сгорания.
3. Коэффициент активности.
4. Восстановление железа - восстановитель Me.
5. Растворы сравнения.
6. Расплавленный металл: состав, состояние элементов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 3FeO + CaC2 = 3Fe + CaO + 2COрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ35-10 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 35

1. Характеристические функции изохорного процесса.
2. Тепловой эффект изобарного процесса.
3. Уравнение изотермы химической реакции.
4. Состав и строение шлаков.
5. Флюсы: состав, назначение, свойства.
6. Образование оксидных фаз.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции CaO + 3C = CaC2 + COрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ37-12 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 36

1. Условия самопроизвольного протекания изохорного процесса.
2. Закон Кирхгофа.
3. Состояние равновесия. Условия устойчивого равновесие.
4. Диссоциация оксидов.
5. Молекулярная теория строения шлаков.
6. Кислородный потенциал
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 3FeS + CaC2 + 2CaO = 3Fe + 3CaS + 2CO,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ45-7 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 37

1. Внутренняя энергия системы.
2. Тепловой эффект изобарного процесса.
3. Принцип смещения равновесия.
4. Упругость диссоциации карбонатов.
5. Ионная теория строения шлаков.
6. Диссоциация оксидов
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeS + 3O2 = 2FeO + 2SO2, рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ50-5 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 38

1. Первый закон термодинамики.
2. Второй закон термодинамики.
3. Фазовые равновесия.
4. Ближний и дальний порядок размещения частиц.
5. Физико-химические процессы при плавке железо-углеродистых сплавов
6. Окисление кремния в процессе плавки стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeO + SiO2 = Fe2SiO4 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ55-4 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 39

1. Закон сохранения энергии.
2. Энтропия.
3. Степень свободы системы (вариантность).
4. Взаимодействие металлических и шлаковых расплавов в металлургических процессах.
5. Окисление марганца в процессе плавки стали.
6. Флюсы: состав, назначение, свойства.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2Cu2S + 3O2 = 2Cu2O + 2SO2 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ60-3 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 40

1. Изохорно**-**изотермическийпотенциал.
2. Константа равновесия химических реакций.
3. Закон равновесия фаз (правило фаз).
4. Восстановление металлов из оксидов.
5. Закон распределения.
6. Дефосфорация стали. Десульфурация стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции Cu2S + 2Cu2O = 6Cu + SO2,рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки серого чугуна КЧ65-3 ГОСТ 1412-85 в электродуговой печи.

Вариант 41

1. Классификация металлургических процессов.
2. Эндотермический и экзотермический процессы.
3. Характеристические функции.
4. Упругость диссоциации оксидов.
5. Кинетические факторы процесса окисления.
6. Физико-химические процессы плавки стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции SiO2 + 2C = Si + 2CO рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки стали Cталь 30 ГОСТ 977-80 в индукционной печи.

Вариант 42

1. Виды пирометаллургических процессов.
2. Закон Гесса.
3. Термодинамические свойства элементов металлургических систем.
4. Образование оксидных фаз.
5. Физико-химические процессы плавки стали.
6. Флюсы: состав, назначение, свойства.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции FeS + CaO = FeO + CaS рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки стали Сталь 35 ГОСТ 977-80 в индукционной печи.

Вариант 43

1. Фаза. Фазы, взаимодействующие в металлургических процессах.
2. Следствие из закона Гесса.
3. Константа равновесия химических реакций.
4. Восстановление металлов из оксидов.
5. Цикл плавки стали.
6. Раскисление стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции FeS + MgO = FeO + MgS рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки стали Сталь 30 ГОСТ 977-80 в электродуговой печи.

Вариант 44

1. Дайте определение системы, изолированной системы.
2. Теплота образования.
3. Состояние равновесия системы.
4. Закон Гесса.
5. Восстановление оксидов железа.
6. Окисление углерода в процессе плавки стали.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2P + 5FeO + 4CaO = (CaO)4P2O5 + 5Feрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки стали Сталь 35 ГОСТ 977-80 в электродуговой печи.

Вариант 45

1. Гомогенная система, гетерогенная система.
2. Определение теплового эффекта металлургической реакции.
3. Закон действия масс.
4. Восстановление железа - восстановитель СО(Г).
5. Идеальные растворы.
6. Роль шлака в металлургических процессах. Основность шлака.
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции 2FeO + 1/2O2 = Fe2O3 рассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки стали Сталь 20 ГОСТ 977-80 в электродуговой печи.

Вариант 46

1. Функции состояния.
2. Стандартное состояние вещества.
3. Активность вещества.
4. Восстановление железа - восстановитель С(тв).
5. Окислительная способность шлака.
6. Уравнение температурной зависимости энтропии
7. Для термодинамического процесса, описываемого уравнением реакции Fe2O3 + Fe = 3FeOрассчитать для температуры 298К:

- тепловой эффект,

- изменение энтропии,

- изменение изобарного потенциала,

- составить уравнение зависимости истинной теплоемкости от температуры;

- составить уравнение для определения константы равновесия реакции.

8. Выполнить расчет шихты для плавки стали Сталь 25 ГОСТ 977-80 в электродуговой печи.

Рекомендуемая литература

1. Чумаченко Г.В. Основы физической химии сплавов. Конспект лекций.
2. Никифоров Б.Т. Физико-химические основы литейного производства. Ростов-на-Дону, издательский центр ДГТУ, 2003, с
3. Леви Л.И., Мариенбах Л.М. Основы теории металлургических процес­сов и технология плавки литейных сплавов. М., Машиностроение, 1976.

Методическое руководство

к выполнению лабораторной работы

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

**МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Выполнить термодинамический анализ металлургического процесса, описываемого заданным уравнением химической реакции.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. Термодинамический анализ является первой стадией исследования, в которой определяется принципиальная возможность развития изучаемого процесса. Используя справочный материал и проведя несложные расчеты, можно установить возможность самопроизвольного протекания процесса при заданных внешних условиях (температуре, давлении, концентрациях); определить предел самопроизвольного протекания процесса, т.е. состояние равновесия системы; разработать мероприятия по изменению внешних условий, для того чтобы процесс протекал в нужном направлении в требуемой степени.

Металлургические процессы относят к необратимым изобарно-изотермическим процессам, так как они протекают самопроизвольно при высоких температурах и давлениях, близких к 1 атм=1·105 Па. Характеристическими функциями процессов, протекающих при постоянных температуре и давлении, являются: энтальпия *Н*, энтропия *S*, изобарно-изотермический потенциал *G*.

Приращением энтальпии принято выражать тепловой эффект изобарного процесса. Согласно уравнению Гесса

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

т.е. тепловой эффект процесса равен разности сумм произведений энтальпий образования конечных и исходных веществ – участников реакции  на соответствующее им число молей  в химическом уравнении. Если  - процесс эндотермический, если  - процесс экзотермический.

Энтропия изолированной системы при обратимом процессе остается постоянной, т.е. , при необратимом процессе - изменение энтропии всегда положительно, т.е. . При любом (обратимом или необратимом) процессе приращение энтропии у неизолированной системы может быть как положительным, так и отрицательным, соответственно энтропия неизолированной системы может возрастать и уменьшаться.

При обратимом процессе энтропия является функцией состояния. Поэтому для химической реакции изменение энтропии может быть рассчитано по известным величинам энтропий образования веществ:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Направление и предел самопроизвольного протекания процесса при заданных условиях определяет приращение изобарно-изотермического потенциала : если  - реакция имеет тенденцию к развитию в предполагаемом направлении (в соответствии с уравнением реакции слева направо); если  - реакция при заданных условиях находится в равновесии; если - реакция имеет тенденцию к развитию в направлении, обратном предполагаемому.

Для расчета приращения функций используют уравнение Гиббса-Гельмгольца:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Для расчетов по приведенным выше зависимостям значения характеристических функций должны быть взяты *для одинаковых внешних условий*.

Приращение изобарно-изотермического потенциала образования моля вещества при стандартном давлении и температуре 298 К может быть рассчитано по известным величинам приращений энтальпии образования  и энтропии одного моля вещества при стандартном давлении и температуре 298 К:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Тепловой эффект реакции для любой температуры  может быть определен по уравнению Кирхгофа

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

где  - тепловой эффект реакции при температуре ; - приращение теплоемкости системы при ее переходе от температуры  до температуры . Приращение теплоемкости рассчитывают аналогично другим функциям состояния системы:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Если уравнение температурной зависимости теплоемкости для конечных и исходных веществ исследуемой реакции имеет вид , то

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

Подставив уравнение (7) в уравнение (5) и выполнив интегрирование в интервале температур от  до , получим общий вид уравнения зависимости теплового эффекта реакции от температуры:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

Значение  можно рассчитать, зная величину теплового эффекта процесса для любой температуры, например, для температуры 298К.

Можно использовать уравнение, полученное после интегрирования в интервале температур от 298К до *Т*:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

Приращение энтропии системы для заданной температуры может быть найдено по уравнению:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

Подставив в уравнение (10) выражение приращения теплоемкости (7), и выполнив интегрирование, получим:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

Рассчитав приращения энтальпии  и энтропии  процесса для требуемых температур, можно рассчитать величину приращения изобарно-изотермического потенциала  по уравнению Гиббса-Гельмгольца (3).

Выше был рассмотрен точный метод определения приращения изобарного потенциала. Существуют и другие методы, облегчающие расчет (метод Темкина-Шварцмана) или позволяющие дать грубую оценку величины изобарного потенциала (упрощенный расчет по методу Улиха, уравнения для грубых расчетов, полуэмпирические формулы).

Зная приращение изобарного потенциала процесса, можно определить константу равновесия химической реакции по уравнению химического сродства Вант-Гоффа:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |

Если  и *R*  выражены в Дж/(моль·К), то уравнение имеет вид

|  |  |
| --- | --- |
|  | (13) |

где  - константа равновесия химической реакции, - абсолютная температура, - универсальная газовая постоянная.

На практике часто используется уравнение, полученное заменой в уравнении (12) стандартного изобарного потенциала реакции по уравнению (3):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (14) |

В состоянии равновесия , . Если  и >>1 – реакция прямая. Если  и <<1 – реакция обратная.

ЗАДАНИЕ: определить тепловой эффект , приращение изобарно-изотермического потенциала и константу равновесия *К* заданной химической реакции при 298, 700, 1200 и 1800 К. реакции. Сделать выводы о характере процесса и направлении протекания реакции.

Химические реакции

1. CH4 + 2O2 = CO2 +2H2O

2. H2O + C = H2 + CO

3. 3Fe2O3 + CO = 2 Fe3O4 + CO2

4. Fe3O4 + CO = 3FeO + CO2

5. FeO + CO = Fe + CO2

6. FeO + C = Fe + CO

7. 3Fe + 2CO = Fe3C + CO2

8. SiO2 + 2C = Si + 2CO

9. FeS + CaO = FeO + CaS

10. FeS + MgO = FeO + MgS

11. FeS + MnO = FeO + MnS

12. FeS + Na2CO3 = FeO + Na2S + CO2

13. 2FeO + C = 2Fe + CO2

14. Si + 2FeO = SiO2 + 2Fe

15. Fe + 1/2O2 = FeO

16. 2P + 5FeO + 4CaO = (CaO)4P2O5 + 5Fe

17. 2FeO + 1/2O2 = Fe2O3

18. Fe2O3 + Fe = 3FeO

19. 3FeO + CaC2 = 3Fe + CaO + 2CO

20. CaO + 3C = CaC2 + CO

21. 3FeS + CaC2 + 2CaO = 3Fe + 3CaS + 2CO

22. 2FeS + 3O2 = 2FeO + 2SO2

23. 2FeO + SiO2 = Fe2SiO4

24. 2Cu2S + 3O2 = 2Cu2O + 2SO2

25. Cu2S + 2Cu2O = 6Cu + SO2

26. 4Cu2O + CH4 = 8Cu + CO2 + 2H2O

27. 2Fe + O2 + SiO2 = (FeO)2⋅SiO2

28. 2FeS + 3O2 + SiO2 = (FeO)2⋅SiO2 + 2SO2

29. 2Ni3S2 + 7O2 = 6NiO + 4SO2

30. NiO + C = Ni + CO

31. Ni3C + NiO = 4Ni + CO

Термодинамические свойства приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные термодинамические величины для химических элементов и соединений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Реагенты реакции | Агр  сост | -∆Н,  кДж\_\_  г-моль | S,  Дж\_\_  К∙ г-моль | Тпрев.  К | Т пл,  К | Ср=a+b∙ T∙ 10-3+c∙ T-2 ∙105 | | | Пределы Ср,  К |
| a | b | c |
| 1 | С | Т | - | 5,70 | - | 4020 | 16,76 | 4,27 | -8,38 | 298-2300 |
| 2 | СН4 | Г | 74,96 | 186,46 |  | - | 23,67 | 47,93 | -1,93 | 298-1500 |
| 3 | СО | Г | 110,7 | 198,19 | - | - | 28,45 | 4,11 | -0,46 | 298-2500 |
| 4 | СО2 | Г | 394,07 | 214,11 | - | - | 44,20 | 9,05 | -8,55 | 298-2500 |
| 5 | СаО | Т | 634,79 | 39,81 | - | 2873 | 49,69 | 4,53 | -6,54 | 298-1177 |
| 6 | СаS | Т | 460,9 | 56,57 | - | - | 42,74 | 15,92 | - | 273-1000 |
| 7 | 2 СаО∙P2 О5 | Т | - | 189,60 | 1413 | 1626 | 230,03 | 54,05 | -53,34 | 298-1413 |
| 8 | СаC2 - α | Т | 59,08 | 70,39 | 720 | 2573 | 68,72 | 11,90 | -8,67 | 298-720 |
| 9 | СаC2 - β | Т | - | - | - | - | 64,53 | 8,38 | - | 720-1275 |
| 10 | Cu | T | - | 33,39 | - | 1356 | 22,67 | 6,29 | - | 298-Tпл |
| 11 | Cu | Ж | - | - | - | - | 31,43 | - | - | Тпл-2800 |
| 12 | Cu2О | Т | 167,60 | 94,07 | 329 | 1503 | 62,43 | 23,88 | - | 298-1200 |
| 13 | CuО | Т | 155,07 | 42,74 | - | Разл. | 38,84 | 20,11 | - | 298-1250 |
| 14 | Cu2S - α | Т | 82,12 | 119,42 | 376 | 1403 | 81,71 | - | - | 298-376 |
| 15 | Cu2S - β | Т | - | - | 623 | - | 97,42 | - | - | 376-623 |
| 16 | Cu2S - γ | Т | - | - | - | - | 85,14 | - | - | 623-1400 |
| 17 | Fe - α | T | - | 27,19 | 1033 | 1812 | 17,51 | 24,80 | - | 273-1033 |
| 18 | Fe - β | Т | - | - | 1180 | - | 37,71 | - | - | 1033-1181 |
| 19 | Fe - γ | Т | - | - | 1674 | - | 7,71 | 19,53 | - | 1181-1674 |
| 20 | Fe - δ | Т | - | - | - | - | 44,0 | - | - | 1674-Тпл. |
| 21 | Fe | Ж | - | - | - | - | 41,90 | - | - | Тпл.-1873 |
| 22 | FeО | Т | 269,42 | 56,15 | - | 1642 | 51,87 | 6,79 | -1,59 | 298-1200 |
| 23 | Fe3О4 - α | Т | 1118,31 | 151,68 | 866 | 1870 | 91,68 | 201,66 | - | 298-900 |
| 24 | Fe3О4 - β | Т | - | - | - | - | 201,12 | - | - | 900-1800 |
| 25 | Fe2О3 - α | Т | 822,5 | 90,09 | 948 | 1730 | 98,42 | 77,93 | -14,87 | 298,950 |
| 26 | Fe2О3 - β | Т | - | - | 1053 | - | 150,84 | - | - | 650-1050 |
| 27 | Fe2О3 - γ | Т | - | - | - | - | 132,82 | 7,37 | - | 1050-1750 |
| 28 | FeS - α | Т | 95,53 | 67,46 | 411 | 1468 | 21,75 | 110,62 | - | 298-411 |
| 29 | FeS - β | Т | - | - | 598 | - | 72,91 | - | - | 411-598 |
| 30 | FeS - γ | Т | - | - | - | - | 51,12 | 9,97 | - | 598-Тпл. |
| 31 | FeS | Ж | - | - | - | - | 74,16 | - | - | Тпл.-2000 |
| 32 | FeО·SiО2 | T | 1156,44 | 96,37 | - | 1413 | - | - | - | - |
| 33 | 2FeО·SiО2 | T | 1452,25 | 145,39 | - | 1493 | 152,98 | 39,22 | -28,07 | 298-1490 |
| 34 | 2FeО·SiО2 | T | - | - | - | - | 240,93 | - | - | 1490-2000 |
| 35 | Н2 | Г | - | 130,77 | - | - | 27,32 | 3,27 | 0,50 | 298-3000 |
| 36 | Н2О | Ж | 286,18 | 70,18 | - | - | - | - | - | - |
| 37 | Н2О | Г | 242,18 | 180,71 | - | - | 30,04 | 10,73 | 0,34 | 298-2500 |
| 38 | MgO | Т | 602,10 | 26,98 | - | 3073 | 42,65 | 7,29 | -6,20 | 298-2100 |
| 39 | MgS | Т | 347,77 | 42,74 | - | - | - | - | - | - |
| 40 | MnO | Т | 385,48 | 59,92 | - | 2058 | 35,41 | 1,26 | -3,65 | 298-2000 |
| 41 | MnS | Т | 205,31 | 78,35 | - | 1803 | - | - | - | - |
| 42 | Na2S | Т | 387,16 | 98,47 | - | 1453 | 83,00 | 6,87 | - | 298-1000 |
| 43 | Na2СО3 | Т | 1138,00 | 136,18 | 632 | 1118 | 58,58 | 227,94 | -13,09 | 298-500 |
| 44 | Ni - α | Т | - | 29,83 | 631 | 1726 | 25,27 | -10,43 | - | 300-630 |
| 45 | Ni - β | Т | - | - | - | - | 24,43 | 8,59 | - | 630-Тпл. |
| 46 | Ni | Ж | - | - | - | - | - | 38,55 | - | Тпл.-3000 |
| 47 | NiО - α | Т | 240,93 | 38,13 | 523 | 2233 | 20,91 | 157,46 | 16,3 | 298-523 |
| 48 | NiО - β | Г | - | - | - | - | 54,09 | - | - | 523-1100 |
| 49 | Ni3S2 | Т | 199,03 | 153,35 | 823 | 1073 | - | - | - | - |
| 50 | Ni3С | Т | -55,73 | 106,43 | - | 2373 | - | - | - | - |
| 51 | О2 | Г | - | 205,56 | - | - | 47,05 | 8,04 | -90,05 | 298-1500 |
| 52 | Р | Т | 18,44 | 22,88 | - | Возг. | 19,86 | 16,34 | - | 298-800 |
| 53 | SО2 | Г | 297,24 | 248,17 | - | - | 43,49 | 10,64 | -5,95 | 298-1800 |
| 54 | Si | Т | - | 18,86 | - | 1685 | 24,13 | 2,35 | -4,57 | 298-Тпл. |
| 55 | Si | Ж | - | - | - | - | 29,33 | - | - | Тпл.-3000 |
| 56 | SiF4 | Г | 1567,06 | 282,41 | - | - | 91,59 | 13,28 | -19,69 | 298-1000 |
| 57 | SiО2 -α -кв. | Т | 880,74 | 41,9 | 848 | 1883 | 47,01 | 34,36 | -11,31 | 298-848 |
| 58 | SiО2 -β- кв. | Т | 881,16 | - | - | - | - | 60,38 | 8,13 | 848-2000 |
| 59 | SiО2 -α -кр. | Т | 878,01 | - | 523 | 2001 | 17,93 | 88,24 | - | 298-523 |
| 60 | SiО2 -β -кр. | Т | 876,97 | 42,74 | - | 1986 | 60,34 | 8,55 | - | 523-2000 |
| 61 | SiО2 -α -тр | Т | 877,81 | 43,58 | 390 | 1953 | 13,70 | 103,91 | - | 298-390 |
| 62 | SiО2 -β -тр | Т | - | - | 598 | - | 57,15 | 11,06 | - | 390-2000 |
| 63 | SiО2 стекл. | Т | 871,52 | 46,93 | - | - | 56,06 | 15,42 | -14,46 | 298-2000 |
| 64 | SiО2аморф. | Т | 866,49 | - | - | - | - | - | - | - |

ПРИМЕР РАСЧЕТА. Выполним анализ реакции восстановления железа кремнием: 2FeO + Si = SiO2 + 2Fe

для температур 298, 1300, 1600 К.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Исходные данные для расчета

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Реагенты  реакции | ,  \_\_\_кДж\_\_\_  г-моль | ,  \_\_\_Дж\_\_  г-моль·К |  | | |
|  |  |  |
| FeO | 269,42 | 56,15 | 51,87 | 6,79 | -1,59 |
| Si | - | 18,86 | 24,13 | 2,35 | -4,57 |
| SiO2 | 880,74 | 41,9 | 47,01 | 34,36 | -11,31 |
| Fe | - | 27,19 | 17,51 | 24.80 | - |

ПОРЯДОК РАСЧЕТА.

1. Определим тепловой эффект реакции при 298К:



Так как  - при 298К реакция экзотермическая (идет с выделением теплоты).

2. Определим приращение энтропии процесса:



3. Рассчитаем приращение изобарно-изотермического потенциала:

Так как , при 298 К реакция имеет тенденцию к развитию в прямом направлении.

4. Определим температурную зависимость приращения теплоемкости процесса по уравнению:

.

Можно вместо теплоемкостей веществ реакции подставить соответствующие выражения их температурной зависимости (см. таблицу 2) и привести выражение к стандартному виду или рассчитать коэффициенты уравнения и подставить их в уравнение

.

Рассчитаем коэффициенты уравнения:



Получаем уравнение температурной зависимости приращения теплоемкости процесса:

.

5. Составим уравнение температурной зависимости теплового эффекта (приращения энтальпии) процесса.

Подставив значения коэффициентов уравнения приращения теплоемкости в уравнение (8), получим уравнение зависимости теплового эффекта реакции от температуры:

.

Для того чтобы найти , подставим  и вместо  известную величину  Дж/моль (см. п.1):

Выполнив вычисления, получаем  Дж/моль.

Уравнение температурной зависимости теплового эффекта реакции имеет вид:

.

По данному уравнению рассчитаем тепловые эффекты реакции для заданных температур. Результаты вычислений заносим в таблицу 2.

6. Составим уравнение температурной зависимости приращения энтропии процесса, подставив в уравнение (11) найденные ранее значение  и величины коэффициентов:

.

Величины  для заданных температур запишем в таблицу 2.

7. Приращение изобарно-изотермического потенциала  процесса для заданных температур рассчитываем по уравнению Гиббса-Гельмгольца (3), результаты записываем в таблицу 3.

8. Рассчитываем константу равновесия химической реакции для заданных температур по уравнению (12).

Таблица 3.

Результаты расчетов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура,  *К* | Значения расчетных параметров | | | |
| ,  *\_\_Дж\_\_*  *моль* | ,  *\_\_Дж\_\_*  *моль·К* | ,  *\_\_Дж\_\_*  *моль* | *К* |
| 298 | -341900 | -34,88 | -331506 | 1058,1 |
| 1300 | 183080 | -36,137 | 230058 | 10-9,2 |
| 1600 | 465208 | -25,28 | 505656 | 10-16,5 |

Выводы: При температуре 298К , следовательно, реакция является экзотермической. Реакция должна протекать в прямом направлении, т.к.  и . С ростом температуры реакция имеет тенденцию к затуханию.

При температурах 1300К и 1600К , то есть реакция эндотермическая. , , следовательно, при повышенных температурах реакция будет протекать в обратном направлении.

Методические указания

к выполнению лабораторной работы

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ШИХТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ**

ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

Важнейшие свойства сплавов, такие как высокая жидкотекучесть, малая усадка, небольшая склонность к образованию литейных напряжений, незначительная ликвация примесей, мелкокристаллическое строение, невозможно обеспечить без правильного подбора химического состава получаемого металла.

Применяемые в литейном производстве сплавы можно разделить на пять групп: чугуны и стали; бронзы и латуни; сплавы алюминия с различными элементами; сплавы магния с различными элементами; сплавы на основе цинка, олова, свинца и других металлов.

Необходимый химический состав рассматриваемых сплавов можно получить путем подбора компонентов шихты с известным содержанием контролируемых элементов.

1. РАСЧЕТ СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПЛАВКИ ЧУГУНА

Чугуны – железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2,14% углерода. По типу структуры чугуны подразделяются на серые, высокопрочные и ковкие. Выбор марки и состава чугуна производят по таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав отливок из серого, ковкого и высокопрочного чугуна

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка  чугуна | Химический состав, % | | | | |
| Углерод | Кремний | Марганец | Фосфор | Сера |
| Серый чугун ГОСТ 1412-85 | | | | | |
| СЧ15 | 3,5-3,7 | 2,0-2,4 | 0,5-0,8 | <0,2 | <0,15 |
| СЧ20 | 3,3-3,5 | 1,4-2,4 | 0,7-1,0 | <0,2 | <0,15 |
| СЧ25 | 3,2-3,4 | 1,4-2,2 | 0,7-1,0 | <0,2 | <0,15 |
| СЧ30 | 3,2-3,4 | 1,4-1,7 | 0,6-0,9 | <0,2 | <0,12 |
| СЧ35 | 2,5-2,7 | 2,5-2,9 | 0,2-0,4 | <0,2 | <0,12 |
| Ковкий чугун ГОСТ 1215-79 | | | | | |
| КЧ33-8 | 2,6-2,9 | 1,0-1,6 | 0,4-0,6 | <0,18 | <0,2 |
| КЧ35-10 | 2,5-2,8 | 1,1-1,3 | 0,3-0,6 | <0,12 | <0,2 |
| КЧ45-7 | 2,5-2,8 | 1,1-1,3 | 0,3-1,0 | <0,1 | <0,2 |
| КЧ60-3 | 2,4-2,7 | 1,2-1,4 | 0,3-1,0 | <0,1 | <0,06 |
| Высокопрочный чугун | | | | | |
| ВЧ35 | 3,3-3,8 | 1,9-2,9 | 0,2-0,6 | <0,1 | <0,02 |
| ВЧ50 | 3,2-3,7 | 1,9-2,9 | 0,3-0,7 | <0,1 | <0,02 |
| ВЧ60 | 3,2-3,6 | 2,4-2,6 | 0,4-0,7 | <0,1 | <0,015 |
| ВЧ80 | 3,2-3,6 | 3,0-3,8 | 0,4-0,7 | <0,1 | <0,015 |

В зависимости от марки чугуна и типа применяемых плавильных печей металлическая шихта состоит из материалов, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – Состав шихты в зависимости от применяемых плавильных печей,%

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование материала | Плавка в вагранке | Плавка в дуговой электропечи | Плавка в индукционной  печи | Плавка по дуплекс-процессу |
| Чугуны чушковые (литейные и передельные) | 15-50 | 15-30 | 0-15 | 15-25 |
| Собственный  возврат | 20-30 | 20-30 | 20-30 | 20-30 |
| Лом чугунный | 20-30 | 0-20 | 0-5 | 20-25 |
| Лом стальной | 0-50 | 40-60 | - | 0-20 |
| Ферросплавы | 0-3 | 0-5 | 4-5 | 0-3 |

Содержание элементов в этих материалах выбирается из таблицы 3.

Таблица 3 – Химический состав некоторых шихтовых материалов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование материала | Массовые доли примесей, % | | | | |
| Углерод | Кремний | Марганец | Сера | Фосфор |
| Чугун Л1 | 3,75 | 3,4 | 0,7 | 0,03 | 0,2 |
| Чугун Л2 | 3,85 | 3,0 | 0,7 | 0,03 | 0,2 |
| Чугун Л5 | 4,15 | 1,8 | 0,7 | 0,06 | 0,2 |
| Чугун Л6 | 4,25 | 1,4 | 0,7 | 0,06 | 0,2 |
| Чугун Л7 | 4,35 | 1,0 | 0,7 | 0,06 | 0,2 |
| Чугун ПЛ1 | 4,05 | 1,1 | 0,7 | 0,06 | 0,2 |
| Чугун ПЛ2 | 4,25 | 0,8 | 0,7 | 0,06 | 0,2 |
| Чугунная стружка | 3,3 | 2,2 | 0,7 | 0,1 | 0,2 |
| Чугунный лом | 3,3 | 2,2 | 0,7 | 0,1 | 0,2 |
| Стальной дом | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,05 | 0,05 |
| Стальная стружка | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,05 | 0,05 |
| Ферросилиций ФС20 | 1,3 | 20 | 1,0 | 0,04 | 0,1 |
| Ферросилиций ФС45 | 0,5 | 45 | 0,6 | 0,03 | 0,05 |
| Ферросилиций ФС75 | 0,1 | 75 | 0,4 | 0,03 | 0,05 |

В процессе плавки происходит изменение химического состава шихтовых материалов вследствие окисления (угара) и пригара отдельных элементов. Примерные значения угара и пригара даны в таблице 4.

Таблица 4 – Данные об угаре элементов при плавке в различных печах,%

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Химические элементы | В вагранке | | В дуговой электропечи | | В индукционной печи | |
| от | до | от | до | от | до |
| Углерод | +5 | +35 | -5 | -10 | -3 | -5 |
| Кремний | -10 | -25 | - | - | - | - |
| Марганец | -15 | -30 | -10 | -20 | - | - |
| Фосфор | - | - | - | - | - | - |
| Сера | +40 | +100 | - | - | - | - |

Чаще всего расчет шихты производят методом подбора. Зная требуемый химический состав получаемого жидкого сплава, химический состав имеющихся шихтовых материалов, угар или пригар отдельных элементов, задаются массами компонентов шихты так, чтобы их сумма была равна 100%. Далее рассчитывают, какую долю каждого элемента химического состава вносит данная составляющая шихты.

1. РАСЧЕТ СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПЛАВКИ СТАЛИ

Сталеплавильный процесс состоит из расплавления шихты, выравнивания химического состава стали, окисления углерода, удаления вредных примесей (серы, фосфора, газов и неметаллических включений), раскисления стали, доведения химического состава и нагрева стали до температуры заливки.

Выбор марки и состава литейных сталей производят по таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав литейных сталей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка  стали | Химический состав, % | | | | |
| Углерод | Кремний | Марганец | Хром | Никель |
| Конструкционные легированные стали | | | | | |
| 20ГЛ | 0,15-0,25 | 0,20-0,42 | 1,2-1,6 | >0,3 | >0,3 |
| 35ГЛ | 0,30-0,40 | 0,20-0,42 | 1,2-1,6 | >0,3 | >0,3 |
| 30ГСЛ | 0,25-0,35 | 0,60-0,80 | 1,1-1,4 | >0,3 | >0,3 |
| 40ГФЛ | 0,35-0,45 | 0,20-0,42 | 1,6-1,9 | >0,3 | >0,3 |
| Нержавеющие хромистые стали | | | | | |
| 1Х13 | 0,09-0,15 | ≤0,6 | ≤0,6 | 12,0-14,0 | ≤0,6 |
| 3Х13 | 0,25-0,34 | ≤0,6 | ≤0,6 | 12,0-14,0 | ≤0,6 |
| Хромоникелевые аустенитные стали | | | | | |
| 2Х18Н9 | 0,13-0,21 | ≤0,8 | 1,0-2,0 | 17,0-19,0 | 8,0-10,0 |
| 0Х18Н11 | ≤0,06 | ≤0,8 | 1,0-2,0 | 17,0-19,0 | 10,0-12,0 |

При плавке стали в качестве плавильных агрегатов применяют дуговые и индукционные электропечи. В качестве шихтовых материалов при плавке стали используют собственный возврат производства, стальной лом и передельный чугун с подшихтовкой ферромарганцем и ферросилицием. Процентное содержание этих материалов в общем составе завалки приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Состав шихты при плавке стали,%

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование материала | Содержание в шихте,% |
| Собственный возврат | 40-50 |
| Чугун передельный | 2-10 |
| Лом стальной | 40-50 |
| Ферромарганец | 0,1-1,0 |
| Ферросилиций | 0,1-1,0 |

Содержание элементов в этих материалах выбирается из таблицы 7.

Таблица 7 – Химический состав некоторых шихтовых материалов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  материала | Массовые доли примесей, % | | | | |
| Углерод | Кремний | Марганец | Сера | Фосфор |
| Чугун ПЛ1 | 4,05 | 1,1 | 0,7 | 0,06 | 0,2 |
| Чугун ПЛ2 | 4,25 | 0,8 | 0,7 | 0,06 | 0,2 |
| Стальной дом | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,05 | 0,05 |
| Ферросилиций ФС20 | 1,3 | 20 | 1,0 | 0,04 | 0,1 |
| Ферросилиций ФС45 | 0,5 | 45 | 0,6 | 0,03 | 0,05 |
| Ферросилиций ФС75 | 0,1 | 75 | 0,4 | 0,03 | 0,05 |
| Ферромарганец Мн5 | 7,0 | 2,0 | 75,0 | 0,03 | 0,35 |
| Ферромарганец Мн6 | 6,0 | 2,0 | 70,0 | 0,03 | 0,35 |

Изменение химического состава выплавленной стали в результате угара некоторых элементов приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Угар в стали некоторых легирующих элементов,%

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Химические элементы | В индукционной печи | | В дуговой электропечи | |
| от | до | от | до |
| Никель | - | - | - | - |
| Молибден | - | - | - | - |
| Хром | -3 | -5 | -5 | -10 |
| Марганец | -5 | -10 | -10 | -20 |

1. РАСЧЕТ СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПЛАВКИ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Для плавки медных сплавов наибольшее распространение получили электрические печи – дуговые и индукционные и плазменные печи, работающие на жидком топливе. В литейных цехах с небольшим объемом производства находят применение тигельные печи.

В состав шихты для плавки медных сплавов входят чистые металлы, вторичные сплавы, отходы литейного производства в виде литников, брака, скрапа, а также различные лигатуры.

Чистые металлы, применяемые при плавке наиболее распространенных сплавов цветных металлов, приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Металлы, применяемые при плавке цветных сплавов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Металл | Марка | Содержание основных элементов, % | Содержание примесей, % |
| Медь | М00 | 99,99 | 0,01 |
| Олово | ОВЧ-000 | 99,999 | 1⋅103 |
| Никель | Н-0 | 99,99 | 0,01 |
| Кремний кристаллический | Кр0 | 99,0 | 1,0 |
| Свинец | С000 | 99,99954 | 0,00046 |
| Цинк | ЦВЧ | 99,997 | 0,003 |

Вторичными называют сплавы, полученные не из свежих материалов, а переплавом отходов производства (стружки, скрапа, лома). Эти сплавы приготавливаются специально в соответствии с требованием ГОСТ 614-85 и их поэлементный состав приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Химический состав литейных бронз и латуней, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марки | Основные компоненты | | | | | | | Примеси |
| Олово | Цинк | Свинец | | Никель | Медь | |
| БрО3Ц8С4Н1 | 2,6-4,0 | 7,0-10,0 | 3,0-6,0 | | 0,5-2,0 | Ост. | | 2,725 |
| БрО3Ц13С4 | 2,1-3,5 | 9,0-16,0 | 3,0-6,0 | | - | Ост. | | 2,725 |
| БрО4Ц7С5 | 3,1-5,5 | 6,5-9,0 | 4,0-7,0 | | - | Ост. | | 2,731 |
| БрО5Ц6С5 | 4,-6,0 | 4,5-6,5 | 4,0-6,0 | | - | Ост. | | 1,731 |
| Безоловянные литейные бронзы | | | | | | | | |
|  | Алюминий | Железо | Марганец | | Никель | Свинец | | |
| БрА9Мц2Л | 8,0-9,5 | - | 1,5-2,5 | | - | - | | |
| БрА9Ж3Л | 8,0-10,5 | 2,0-4,0 | - | | - | - | | |
| БрА10Ж4Н4 | 9,5-11,0 | 3,5-5,5 | - | | 3,5-5,5 | - | | |
| БрА10Ж3М2 | 9,0-11,0 | 2,0-4,0 | 1,0-3,0 | | - | - | | |
| БрС30 | - | - | - | | - | 27-31 | | |
| Литейные латуни | | | | | | | | |
|  | Алюминий | Железо | Медь | | | Примеси | | |
| Лц30А3 | 2,0-3,0 | - | 66,0-68,0 | | |  | | |
| Лц16К4 | - | - | 78,0-81,0 | | | 3,0-4,5Si | | |
| Лц40С2 | - | - | 58,0-61,0 | | | 0,8-2,0Pb | | |
| Лц25С2О1 | - | - | 70,0-75,0 | | | 1,0-3,0Pb  1,5-1,5Sn | | |
| Латуни с высокими декоративными свойствами | | | | | | | | |
|  | Алюминий | Медь | Цинк | Марганец | | | Примеси | |
| ЛА67-2,5 | 2,0-3,0 | Ост. | 30,5 | - | | | - | |
| ЛАЖ60-1-1 | 0,8-1,5 | Ост. | 37,5 | 0,1-0,6 | | | 0,2-0,7Sn | |
| ЛАМц66-4-3 | 3,0-5,0 | Ост. | 26,0 | 2,0-4,0 | | | - | |
| ЛС59-1 | - | Ост. | 40,0 | - | | | 0,8-2,0Pb | |
| ЛК80-3 | - | Ост. | 14,0 | - | | | 3,0-4,5Si | |
| ЛО90-1 | - | Ост. | 9,0 |  | | | 0,2-0,7Pb | |
| Л85 | - | Ост. | 15,0 | - | | | - | |

В зависимости от особенностей литья и предъявляемых к нему требований применяют шихту, состоящую из 50-60% свежих металлов, 25-35% отходов собственного производства и 10-12% покупного лома. Величина угара элементов зависит от состояния шихты и типа плавильной печи (таблица 11).

Таблица 11 – Угар некоторых элементов,%

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент | Плавка в электрических и тигельных печах | Плавка в пламенных печах |
| Алюминий | 1,0-1,5 | 1,0-2,0 |
| Медь | 0,5-1,0 | 1,0-2,0 |
| Железо | 0,5-1,0 | 0,5-1,0 |
| Олово | 0,5-1,0 | 1,0-1,5 |
| Марганец | 0,5-1,0 | 1,0-2,0 |
| Никель | 0,5-1,0 | 0,5-1,0 |
| Свинец | 0,5-2,0 | 1,0-2,0 |
| Цинк | 1,0-3,0 | 2,0-4,0 |

1. РАСЧЕТ СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПЛАВКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Для приготовления алюминиевых сплавов применяют различные печи: стационарные и поворотные тигельные, пламенные печи, электрические печи сопротивления и индукционные печи.

В состав шихты для плавки алюминиевых сплавов входят первичные и вторичные сплавы, отходы собственного производства и различные лигатуры.

Первичный алюминий поставляется в виде чушек различного химического состава (таблица 12)

Таблица 12 – Химический состав первичного алюминия

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | Основные компоненты,% | | | | | |
| Алюминий | Железо | Кремний | Медь | Цинк | Титан |
| А95 | 99,95 | 0,030 | 0,030 | 0,010 | 0,005 | 0,002 |
| А85 | 99,85 | 0,08 | 0,06 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| А7 | 99,70 | 0,16 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,02 |
| А5 | 99,50 | 0,30 | 0,30 | 0,02 | 0,06 | 0,03 |
| А0 | 99,00 | 0,50 | 0,50 | 0,02 | 0,08 | 0,03 |

Вторичные алюминиевые сплавы получают переплавкой и рафинированием лома, скрапа и стружки различных алюминиевых сплавов (таблица 13)

Таблица 13 – Химический состав вторичных алюминиевых сплавов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | Основные компоненты,% | | | | |
|  | Магний | Кремний | Марганец | Медь | Алюминий |
| АЛ3Ч | 0,2-0,8 | 4,0-6,0 | 0,2-0,8 | 1,5-3,5 | ост. |
| АЛ4Ч | 0,2-0,4 | 8,0-11,0 | 0,2-0,5 | - | ост. |
| АЛ10Ч | 0,3-0,6 | 4,5-6,5 | - | 6,0-8,0 | ост. |
| АЛ15Ч | - | 3,0-5,0 | 0,2-0,6 | 3,5-5,0 | ост. |

Обычно шихта составляется из 30-70% отходов и лома и 70-30% первичных материалов, в том числе чушкового алюминия, лигатур (таблица 14), чистых металлов (таблица 15) и силумина (таблица 16).

Таблица 14 – Химический состав лигатур

|  |  |
| --- | --- |
| Лигатура | Содержание основных элементов, % |
| Алюминиево-кремнистая | 85-88 Al, 12-15 Si |
| Алюминиево-медная | 50-55 Al, 45-50 Cu |
| Алюминиево-магниевая | 89-91 Al, 9-11 Mg |
| Алюминиево-марганцевая | 89-91 Al, 9-11 Mn |
| Алюминиево-никелевая | 89-91 Al, 9-11 Ni |
| Алюминиево-железная | 89-91 Al, 9-11 Fe |
| Алюминиево-титановая | 97-95 Al, 3-5 Ti |

Таблица 15 – Химический состав чистых металлов, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | Основной элемент | Примеси, не более | | | | | | |
| Первичный магний | | | | | | | | |
|  | Mg | Fe | Si | Ni | Cu | Al | Mn | Cr |
| Мг96 | 99,96 | 0,004 | .,005 | 0,002 | 0,002 | 0,006 | 0,004 | 0,003 |
| Мг90 | 99,90 | 0,04 | 0,01 | 0,001 | 0,005 | 0,02 | 0,04 | 0,005 |
| Металлический марганец | | | | | | | | |
|  | Mn | Si | P | Al | Fe | Cu | C | S |
| Мр00 | 99,95 | - | 0,005 | - | - | - | 0,02 | 0,01 |
| Мр1 | 95,0 | 0,8 | 0,05 | - | 2,5 | - | 0,10 | - |
| Мр3 | 91,0 | 3,5 | 0,45 | 1,0 | 2,0 | 2,5 | 0,12 | - |

Приблизительная величина угара при плавке алюминиевых сплавов выбирается по таблице 16.

Таблица 16 – Угар некоторых элементов, %

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент | Плавка в электрических и  тигельных печах | Плавка в пламенных печах |
| Магний | 2,0 | 3,0 |
| Алюминий | 1,5 | 2,0 |
| Марганец | 1,0 | 2,0 |
| Кремний | 1,0 | 1,5 |
| Медь | 1,0 | 2,0 |

1. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для расчета шихты необходимо знать химический состав всех исходных шихтовых материалов и приготавливаемого сплава. Кроме того, необходимо учесть угар элементов, который зависит от конструкции и типа плавильного агрегата.

Расчет шихты можно проводить двумя способами: методом подбора и аналитическим упрощенным методом.

В таблице 17 и 18 приведен пример расчета шихты методом подбора при производстве отливок из серого чугуна марки СЧ20 и из углеродистой стали марки 35Л.

Рассмотрим упрощенный расчет шихты сплава АЛ5 при плавке в ти­гельной печи. Примем следующие шихтовые материалы: чушковый первичный алюминий, лигатуры — алюминиево-магниевую (90% алю­миния и 10% магния), алюминиево-медную (50% алюминия и 50% меди) и чушковый силумин (87% алюминия и 13% кремния). Средний химический состав сплава АЛ5: 5% кремния, 0,4% магния, 1,25% меди, остальное — алюминий.

Расчет ведется на 100 кг сплава. Угар элементов: 1% кремния, 3% магния, 1% меди и 1% алюминия.

Масса шихтовых материалов, на которую надо увеличить массу шихты для компенсации угара отдельных элементов:

|  |  |
| --- | --- |
| Элементы | Масса, кг |
| Кремний |  |
| Магний |  |
| Медь |  |
| Алюминий |  |

Полученные по расчету данные можно представить в следующем виде (таблица 19).

Таблица 17 – Расчет шихты для производства серого чугуна СЧ20

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование шихтовых  материалов | ГОСТ | Марка материала | Содержание материала в шихте, % | Содержание основных элементов, % | | | | | |
| C | | Si | | Mn | |
| в  матер. | в  шихте | в  матер. | в  шихте | в  матер. | в  шихте |
| 1. Чугун литейный | 4832-80 | Л3 | 22,23 | 4,0 | 0,889 | 2,6 | 0,578 | 0,75 | 0,166 |
| 2. Чугун передельный | 805-80 | ПЛ2 | 18,4 | 4,0 | 0,736 | 0,7 | 0,128 | 0,5 | 0,092 |
| 3. Чугун литейный титановый | ТУ-1415-4-79 | БТЛ-3 | 4,22 | 4,0 | 0,168 | 2,5 | 0,1 | 0,4 | 0,016 |
| 4. Лом чугунный | 2887-75 | 17А | 17,3 | 3,3 | 0,57 | 1,9 | 0,3287 | 0,5 | 0,0865 |
| 5. Брикеты чугунной стружки | 2787-75 | 23А | 0,2 | 3,3 | 0,0066 | 2,2 | 0,004 | 0,6 | 0,0012 |
| 6. Лом стальной | 2787-75 | 1А | 4,9 | 0,4 | 0,0196 | 0,2 | 0,0098 | 0,5 | 0,0245 |
| 7. Возврат производства |  |  | 26,28 | 3,3 | 0,867 | 2,2 | 0,577 | 0,6 | 0,157 |
| 8. Ферросилиций | 1415-78 | ФС20 | 6,0 | 1,0 | 0,08 | 20,0 | 1,20 | 1,0 | 0,06 |
| 9. Ферромарганец | 5165-80 | Мн6 | 0,47 | 4,0 | 0,018 | 2,0 | 0,009 | 70,0 | 0,33 |
| ИТОГО |  |  | 100,0 |  | 3,35 |  | 2,82 |  | 0,933 |
| Угар(-), пригар(+) |  |  |  | +5% | 0,167 | -15% | 0,450 | -20% | 0,187 |
| Содержание элементов в жидком металле |  |  |  |  | 3,517 |  | 2,37 |  | 0,746 |
| Заданный химический состав |  |  |  |  | 3,3-3,6 |  | 2,0-2,4 |  | 0,6-0,9 |

Таблица 18 – Расчет шихты для отливок из углеродистой стали марки 35Л

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование шихтовых  материалов | ГОСТ | Марка материала | Содержание материала в шихте, % | Содержание основных элементов, % | | | | | |
| C | | Si | | Mn | |
| в  матер. | в  шихте | в  матер. | в  шихте | в  матер. | в  шихте |
| 1. Возврат производства |  |  | 40,0 | 0,35 | 0,14 | 0,25 | 0,10 | 0,65 | 0,26 |
| 2. Чугун передельный | 805-80 | ПЛ2 | 2,2 | 4,0 | 0,088 | 0,7 | 0,015 | 0,75 | 0,016 |
| 3. Лом стальной | 2787-75 | 1А | 57,3 | 0,3 | 0,173 | 0,2 | 0,115 | 0,5 | 0,289 |
| ИТОГО: |  |  | 100,0 |  | 0,40 |  | 0,23 |  | 0,565 |
| Угар (-),  пригар (+) |  |  |  | -10% | -0,04 | -10% | 0,02 | -40% | 0,226 |
| Содержание элементов в жидком металле |  |  |  |  | 0,36 |  | 0,21 |  | 0,339 |
| Ферромарганец | 5165-80 | Мн6 | 0,6 |  |  |  |  | 72,0 | 0,432 |
| Угар (-) |  |  |  |  |  |  |  | -20% | 0,086 |
| Ферросилиций | 1415-78 | ФС45 | 0,2 |  |  | 45,0 | 0,09 |  |  |
| Угар (-) |  |  |  |  |  | -10% | 0,009 |  |  |
| Окончательный химический состав |  |  |  |  | 0,367 |  | 0,29 |  | 0,57 |
| Заданный химический состав |  |  |  |  | 0,32-0,40 |  | 0,20-0,52 |  | 0,40-0,90 |

Таблица 19 – Расчетные показатели

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование показателя | Si | Mg | Cu | Al | Всего |
| Средний химический состав, % | 5,0 | 0,4 | 1,25 | 93,35 | 100 |
| Масса на 100 кг шихты, кг | 5,0 | 0,4 | 1,25 | 93,35 | 100 |
| Угар, % | 1 | 3 | 1 | 1 | - |
| Угар, кг | 0,05 | 0,012 | 0,012 | 0,938 | 1,007 |
| Расчетный состав шихты, кг | 5,05 | 0,412 | 1,262 | 94,283 | 101,007 |

Определим необходимое количество чушкового силумина и ли­гатур.

Следует ввести силумина



содержание алюминия в силумине составит 38,85 — 5,05 = 33,8 кг.

Следует ввести алюминиево-магниевой лигатуры



содержание алюминия в лигатуре составит 4,12 — 0,412 = 3,708 кг.

Алюминиево-медной лигатуры нужно ввести



в ней содержится 1,262 кг алюминия.

Количество чушкового алюминия, которое необходимо ввести в шихту, составит

94,283 — (33,8 + 3,708 + 1,262) = 55,513 кг.

Таким образом, для выплавки 100 кг сплава марки АЛ5 потре­буется следующее количество исходных материалов (кг):

Чушковый алюминий 55,513

Силумин 38,85

Лигатура алюминиево-магниевая 4,12

Лигатура алюминиево-медная 2,524

В с е г о: 101,007

Для ответственных сплавов необходимо проверить также коли­чество вредных примесей, вносимых исходными материалами.

Проверим количество железа в сплаве, выплавленном из шихты, состав которой был подсчитан выше. Для сплава АЛ5 допустимое ко­личество железа при заливке в металлические формы не должно пре­вышать 1%.

По имеющимся сертификатам содержание железа составляет в чушковом алюминии 1,1%, в силумине 0,7%, в алюминиево-магние-вой лигатуре 0,1%, в алюминиево-медной 0,3%. Определяем, какое количество железа (кг) вносят в сплав эти материалы:

Чушковый алюминий 55,513⋅0,011=0,611

Силумин 38,85⋅0.007=0,276

Лигатура:

алюминиево-магниевая 4,120⋅0,001=0,004

алюминиево-медная 2,524⋅0,003=0,008

В с е г о: 0,899 кг или 0,9%

Таким образом, проверка показала, что содержание железа в сплаве не превышает допускаемого стандартом.

Методические указания к лабораторной работе

**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА НА СВОЙСТВА СТАЛИ**

1. **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Процесс кристаллизации состоит из двух элементарных процессов зарождения центров кристаллизации и роста кристаллов из этих центров.

Из соотношения скоростей зарождения и развития зависит размер зерна. На размер зерна оказывают влияние температура нагрева и разливки, химический состав сплава, наличие посторонних примесей (оксидов, нитридов и др.), специально вводимых элементов (модификаторов), степень переохлаждения при кристаллизации и др. факторы. Каждый отдельный кристалл называется зерном, α - область несогласованности – границей зерен.

Граница между зернами представляет собой узкую переходную зону шириной 5-10 атомных расстояний. В граничной зоне кристаллическая решетка одного зерна переходит в решетку другого. Граница характеризуется неупорядоченным расположением атомов (рисунок 1).

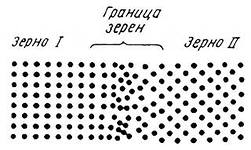


Рисунок 1 – Схема строения зерен и границ между ними

Под размером зерна принято понимать величину его среднего диаметра, выявленного в поперечном сечении. Это определение условно т.к. действительная форма зерна металлах меняется в широких пределах.

Средний размер зерна оценивается 10 баллами по специальной стандартизированной шкале (ГОСТ 5639-82)и характеризуется числом зерен, приходящихся на 1 мм2 поверхности шлифа, при увеличении в 100 раз (рисунок 2).

При определении размера зерна также широкое применение находит стандартизированная шкала Американского общества испытания материалов (ASTM) (тaблица 1). Размер зерна в баллах по этой шкале n связан с числом зерен N, обнаруживаемым на площади 1 дюйм2 при увеличении 100, следующим соотношением: N = 2n-1

Таблица 1 – Шкала ASTM для оценки размеров зерен

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Балл по шкале ASTM | Число зерен на 1 дюйм2×104 | | Число зерен на 1 мм2 |
| среднее | интервал значений |
| 1 | 1 | - | 16 |
| 2 | 2 | 1,5 – 3,0 | 32 |
| 3 | 4 | 3,0 – 6,0 | 64 |
| 4 | 8 | 6,0 – 12,0 | 128 |
| 5 | 16 | 12,0 – 24,0 | 256 |
| 6 | 32 | 24,0 – 48,0 | 512 |
| 7 | 64 | 48,0 – 96,0 | 1024 |
| 8 | 128 | 96,0 – 192,0 | 2048 |

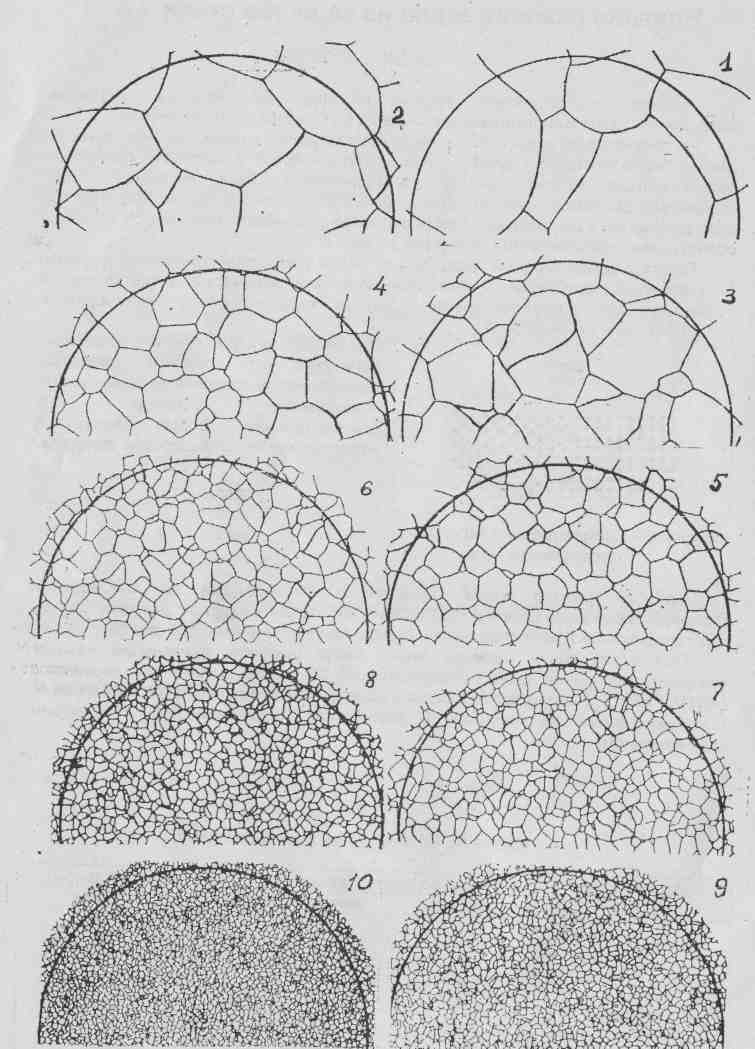


Рисунок 2 - Шкала для определения

величины зерна (ГОСТ 5639-82) ×100

Одним из методов определения числа зерен является следующий: из исследуемого образца подготавливают микрошлиф (без травления) и нагревают до температуры 930+/-10°, выдерживают в течение 3-х часов. Поверхность микрошлифа окисляется, причем границы из-за повышенной энергии границ (более рыхлого строения) окисляются сильнее и по границам зерен после повторного приготовления микрошлифа без травления появляются канавки (сетка границ зерен). Методом сравнения размеров зерен микрошлифа со стандартизированной шкалой определяется размер наследственного зерна.

Размеры зерен оказывают влияние на суммарную поверхность зерен в единице объема и на механические свойства стали. Так предел текучести σт связан с размером зерна d уравнением Холла - Петча:

,

где т и  - константы для данного сплава.

Схема изменения размера зерна в зависимости от температуры нагрева показана на рис 3.

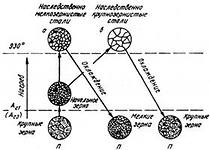


Рисунок 3 - Схема изменения размера з

ерна в зависимости от температуры нагрева стали

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Студенту выдаются три образца размеров зерен при увеличении в 100 раз (от 1 до 10).

3 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

3.1 Подсчитать суммарную площадь границ зерен в 1 мм3 по трем образцам.

3.2 Определить влияние размера зерна на σт также по трем образцам.

**4 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**4.1** Студент методом калькирования или ксерокопирования переводит выданные образцы в отчет по лабораторной работе (образцы возвращаются преподавателю).

**4.2** Определение площади границ зерен, приходящихся на единицу объема.

Через площадь каждого образца проводится произвольная прямая (диаметр или хорда длиной не менее 40 мм). Каждая прямая пересекает ряд границ зерен PL1,PL2и PL³. По формуле Sv=2, PL определяется площадь границ зерен, приходящаяся на единицу объема Sv мм2/мм3.

Например, произвольно проведённая прямая пересекает 21 границу на 62мм. Тогда для реальной микроструктуры PL составит 21 границу на 62/100=0,62 мм или 21:0,62=33,87, или ≈ 34 границы. Следовательно, Sv=2\*34=68 мм2/мм3=68мм-1

**4.3** Определение числа зерен по Sv.

4.3.1 Определение числа зерен в единице объема. Из геометрических соображений можно записать:

NV=(SV//F)3,

где NV - число зерен в единице объема;

F - коэффициент равен 3 для кубических зерен и примерно 2,7 в случае равноосных некубических зерен, характерных для изотропных микроструктур.

В нашем примере NV=(68/3)3=11639 в 1 мм3.

4.3.2 Определение количества зерен, приходящихся на 1 мм длины NL=3√NV

Для примера NL=3√11639=22,7 на 1мм.

4.3.3 Определение количества зерен на 1 мм2 N= (NL)2

Для примера N=22,72=515,29 = 515 на 1 мм2.

4.3.4 Определение площади S31 зерна, его диаметра d и величины √d S3=1/N. Для примера 1/515 = 0,0019 мм2

Диаметр зерна определяем из зависимости S3 = ттd2/4, откуда d2=4 S3/ тт,

d=√d2 d2 = 4-0,0019/3,14=0,0024; d=0,099.

Величина √d; для примера √d=0,22 .

**4.4** Определение предела текучести σт

σт = σ0 + к/√d, где *и0* — константа, для нашего исследования = 250, а константа К - 20,

Для примера σ0 = 250+20/0,22=250+91=340 МПа.

**4.5** Построить графики зависимости предела текучести σт в МПа и суммарной площади границ зерен Sv в мм2/мм3 от номера образца.

**5 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Никифоров Б.Т., Колотиенко С.Д., Глонти Ф.Г. Материалы в с.х. машиностроении: Учебник. Издат. центр ДГТУ, УМО, 2006.
2. Трухов А.П. Литейные сплавы и плавка: Учебник. Издат. центр Академия, 2004.
3. Никифоров Б.Т. Физико-химические основы литейного производства: Учеб. по собие. Издат. центр ДГТУ, 2003.
4. Романов Л.М., Болдин А. Н. Литейные сплавы и плавка. Производство отливок из чугуна и стали. МГИУ, 2005.
5. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И. Материаловедение: Учебник. Химиздат, 2004.

Методические указания к выполнению

лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ШИХТЫ ПРИ

ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Шихтовые материалы – материалы (металлические и неметаллические), которые используют для приготовления литейных сплавов заданного химического состава.

Для получения расплава с требуемыми свойствами и, следовательно, для получения качественной отливки, шихтовые материалы подвергают предварительной подготовке (дроблению, удалению влаги, обезжириванию, подогреву и др.) и контролю на соответствие их требованиям стандартов (ГОСТ, ОСТ), техническим условиям (ТУ) и регламентам.

К металлической шихте относят:

- передельные (доменные) чугуны;

- лом черных и цветных металлов и сплавов;

- возврат производства литейных и механообрабатывающих цехов (бракованные детали и отливки, литники и прибыли, сливы, скрапы, брикетированная стружка и др.);

- ферросплавы и лигатуры (ферросилиций, ферромарганец, силикокальций и др.).

К неметаллической шихте относят: твердое топливо (кокс, термоантрацит и др.) и флюсы, применяемые для образования и удаления из жидкого расплава легкоплавких шлаков.

* 1. Для получения чугуна и стали в качестве шихтовых материалов используют:

- первичные (доменные чугуны, ферросплавы, лигатуры, чистые металлы) и

- вторичные (возврат собственного производства, лом черных металлов и сплавов) материалы.

Ферросплавы широко используют при получении различных марок сталей и чугунов. Например, ферросилиций наиболее часто применяют при выплавке и внепечной обработке чугуна и стали для отливок. Низкокремнистые марки ферросилиция используют для подшихтовки в процессе плавки; высококремнистые - для раскисления сталей и модифицирования чугуна. При производстве комплексно легированных сталей целесообразно использование силикомарганца. Силикокальций эффективен для раскисления сталей и модифицирования чугунов.

Флюсы вводят в состав шихты и применяют для получения шлака требуемого состава, вязкости и жидкотекучести. Для плавки черных сплавов используют:

- известняк металлургический, содержащий окись кальция 59…54 %; кремнезем – не более 1%; оксидов магния, железа, алюминия – не более 0,9%; фосфора – не более 0,01% и серы – не более 0,14%. Применяют в виде кусков величиной 25…200 мм;

- известь, содержащую окись кальция 88…93%; окись магния 2%; кремнезема – не более 2%; окись железа + окись алюминия – не более 3%; серы – не более 0,2%. Применяют только свежеобожженную и в кусках;

- плавиковый шпат с содержанием фтористого кальция 75…92% применяют для разжижения густых известковых шлаков в количестве около 1% от массы шлака;

- шамотный бой состоит из 60% кремнезема и 30…35% окиси алюминия;

- боксит содержит 44…47% алюминия, 5…15% кремнезема, 7…20% окиси железа, 1…7% окиси кальция;

- шлак основной мартеновский содержит кремнезема – не более 25%, окиси кальция + окиси магния – не менее 40%, окиси железа + окиси марганца – не менее 20%, окиси фосфора – не более 2%, сернистого кальция – не более 4%. В шлаке не допускается кристаллический или стекловидный излом, красная или зеленая окраска. Шлак в изломе должен быть серым, камневидным. Употребляют при плавке чугуна в дробленном виде;

- апатито-нефелиновая руда - минерал, имеющий химический состав 3Ca3PO4•2CaF2  с содержанием фосфора 25…30%.

1.2 Для получения цветных литейных сплавов используют:

- лом и отходы;- чистые металлы;- сплавы в чушках;- лигатуры.

Для приготовления *медных* сплавов в качестве основных шихтовых материалов используют чистую медь и стандартные сплавы в чушках (бронзы оловянные и безоловянные, латуни). Легирование медных сплавов чаще всего осуществляется лигатурами, реже – чистыми металлами. При подготовке шихты для медных сплавов из сыпучей и витой стружки после дробления, удаления влаги и обезжиривания с помощью магнитного сепаратора удаляют железные включения, а затем подвергают ее брикетированию.

Для выплавки *алюминиевых* сплавов основными шихтовыми материалами являются: алюминий первичный, стандартные алюминиевые сплавы в чушках, силумины в чушках, лигатуры и чистые металлы.

*Магниевые* сплавы приготовляют из первичного магния с добавками лигатур и других компонентов, но чаще используют стандартные магниевые сплавы в чушках.

Чистые металлы: никель, цинк, олово, свинец – являются основой для приготовления соответствующих сплавов и используются при легировании многих цветных сплавов на основе меди, алюминия, магния и др.

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ШИХТЫ

Для расчета шихты необходимо знать химический состав всех исходных шихтовых материалов и состав приготовляемого сплава. Химический состав шихтовых материалов и выплавляемого сплава определяют по государственным, отраслевым стандартам и техническим условиям.

Кроме того, необходимо учесть угар химических элементов компонентов шихты при плавке (табл. 1-3), который зависит от рода выплавляемого сплава, состояния шихты, конструкции плавильного агрегата, а также от метода ведения плавки.

Таблица 1. Величина угара легирующих элементов при выплавке стали

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Химический элемент | Угар в печи, % | |
| мартеновская | электродуговая |
| Никель | 0,0 | 0,0 |
| Молибден | 0,0 | 0,0 |
| Хром | 15 - 30 | 5 - 10 |
| Марганец | 20 - 30 | - |

Угар основных химических элементов и безвозвратные потери компонентов шихты при выплавке сталей принимаются по данным базового предприятия и в среднем составляют 5 – 10 %.

Таблица 2. Угар химических элементов при выплавке чугуна

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Плавильный  агрегат | Футеровка | Угар элементов, % от содержания в шихте | | | | | |
| C | Si | Mn | P | S | Cr |
| Вагранка холодного дутья | Кислая | 8 - (-8) | 10-35 | 15-40 | - | (-25) - (-100) | 15-20 |
| Основная | 10 - (-15) | 35-50 | 10-15 | до 30 | 10 - 30 | 15-30 |
| Вагранка горячего дутья | Кислая | 10 - (-8) | 10 - (-10) | 10-30 | - | (-10) - (-50) | 10-15 |
| Основная | 10 - (-12) | 20-25 | 10-20 | до 10 | 20 - 50 | 10-20 |
| Дуговая электропечь | Кислая | (-5) –(-10)  20-25\* | -  5-10\* | 15-20  20-25\* | - | до 30  25-50\* | 15-30 |
| Основная | (-3) – (-5)  25-30\* | 5-10  40-55\* | 10-15  25-30\* | до 20 | 20 – 50  40 – 60\* | 15-30 |
| Индукционная тигельная печь | Кислая | 5 – 15  10 – 15\* | 3 – (-5) | 10-25  10-20\* |  | -  25 – 50\* |  |
| Основная | 5 – 10  5 – 10\* | 5 – 10  5 – 10\* | 5 – 10  5 – 10\* |  | -  30 - 60 |  |
| Примечание: 1. Цифры, указанные в скобках, например (-5), означают пригар элементов.  2. Угар фосфора при вводе в шихту феррофосфора составляет при кислой футеровке 10-15%.  3. Знаком «\*» показан угар элементов из вводимых добавок. | | | | | | | |

Таблица 3. Угар элементов в % (приблизительный) цветных сплавов в зависимости от условий плавки и состояния шихты

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элементы | Шихта | | | |
| свежая | | сильно окисленная | |
| при плавке в печах | | | |
| электрических и тигельных | отражательных пламенных | электрических и тигельных | отражательных |
| Mg | 2 - 3 | 3 - 5 | 3 - 5 | 3 - 10 |
| Be | 2 - 3 | 5 - 7 | 3 - 5 | 5 - 10 |
| Al | 0,5 - 1 | 2 - 3 | 1 - 2 | 3 - 5 |
| Zn | 1 - 3 | 2 - 4 | 2 - 3 | 3 - 5 |
| Mn | 0,5 - 1 | 2 - 5 | 1 - 2 | 5 - 10 |
| Sn | 0,5 - 1 | 0,5 – 1,5 | 0,5 - 1 | 1 - 2 |
| Fe | 0,5 - 1 | 0,5 - 1 | 0,5 - 1 | 0,5 - 1 |
| Si | 0,5 – 1,5 | 2 - 5 | 0,5 - 1 | 5 - 10 |
| Cu | 0,5 - 1 | 1 - 2 | 1 - 2 | 2 - 3 |

2.1 МЕТОД РАСЧЕТА ШИХТЫ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Метод расчета шихты заключается в определении соотношений различных компонентов, загружаемых в плавильный агрегат для получения сплава заданного состава. По заданному химическому составу определяется содержание основных компонентов в 100 кг сплава с учетом величины угара химических элементов при плавке. Содержание химического элемента в шихте рассчитывают по формуле:

Кш = (Кс / 100-У) х 100,

где: Кш – расчетное содержание химического элемента в шихте, %; Кс – заданное содержание химического элемента в жидком сплаве, %; У – угар (-), пригар (+) химического элемента при плавке в зависимости от применяемого способа плавки, %.

Например, требуется получить чугун следующего состава: 3,1% C; 2,36% Si; 0,85% Mn; 0,16% P; 0,10% S. Из опыта работы данного литейного цеха угар (-) и пригар (+) элементов составляет: + 10% для С; - 12% для Si; - 12% для Mn. Тогда с учетом угара и пригара в шихте соответственно должно быть: 2,8% C; 2,7% Si; 1,06% Mn; 0,16% P; 0,07% S.

Ориентировочные составы шихты для выплавки чугунов и сталей представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4. Ориентировочные (средние) составы шихты для выплавки чугунов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка чугуна | Плавильный  агрегат | Средний состав шихты, % по массе | | | | | | | примечание |
| Доменный чугун | | Лом со стороны | | Стружка | | Возв-рат |
| литейный\* | передельный | чугунный | стальной | чугунная | стальная |
| СЕРЫЙ ЧУГУН | | | | | | | | | |
| СЧ 10-  СЧ 15 | Вагранка холодного дутья | 30-50 | до 5 | 10-30 | 0-10 |  |  | 20-30 | В случае использования вагранок в дуплексе с электропечами содержание передельных чугунов в шихте можно увеличить до 20%  Карбюризаторы и ферросплавы по расчету сверх 100% |
| СЧ 20 | То же | 25-40 | до 5 | 10-25 | 10-20 |  |  | 15-30 |
| СЧ 25-  СЧ 30 | « | 25-35 | до 5 | 10-20 | 15-35 |  |  | 10-25 |
| СЧ 10-  СЧ 20 | Вагранка горячего дутья | 20-40 | 5-10 | 10-20 | 4-10 |  |  | 20-40 |
| СЧ 20 | То же | 20-30 | 5-10 | 10-25 | 10-20 |  |  | 10-25 |
| СЧ 25-  СЧ 35 | « | 15-25 | - | 5-25 | 20-60 |  |  | 5-20 |
| СЧ 10-  СЧ 20 | Электропечь (дуговая, индукционная, тигельная) | - | 10-25 | 25-35 | 20-40  \*\* | 5-10  \*\*\* | до 5  \*\*\* | 25-35 |
| СЧ 25-  СЧ 30 | То же | - | 10-25 | 15-30 | 30-55  \*\* | 5-10  \*\*\* | до 5  \*\*\* | 20-30 |
| СЧ 35-  СЧ45 | То же | - | - | 95-100\*\* | - | - | до 5  \*\*\* | - |
| Примечание: \* Литейные чугуны по маркам применять в шихте в соотношении, %: ЛК1 – 15;  ЛК2 – 25; ЛК3 – 30; ЛК4 – 20; ЛК5 – 10. \*\* В том числе отходы углеродистой стали и отходы трансформаторной стали. \*\*\* Стружка россыпью известного химического состава. | | | | | | | | | |
| ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ | | | | | | | | | |
| ВЧ45 -  ВЧ50 | Вагранка холодного дутья | 20-60 | 10-50 | 20-30 | 5-10 |  |  | 30-35 | При выплавке чугуна ферритного класса расход чушковых чугунов 60%. Единичное производство толстостенных отливок |
| ВЧ45-  ВЧ60 | Вагранка кислая холодного дутья | 20-50 | 10-50 | 20-30 | 5-10 | 5-10 |  |  | Преимущественно при массовом производстве отливок из чугуна перлитного класса |
| ВЧ40- ВЧ70 | Вагранка основная горячего дутья | 20-30 | 10-20 | 20-30 | до 15 | 5-10 | до 5 | 30-35 | Поточно-массовое производство отливок из чугуна перлитного и ферритного классов |
| ВЧ70  ВЧ80 | Дуговая электропечь кислая | 10-50 | 10-50 | до 50 | 5-10\* | до 15 |  | до 70 | При выплавке чугуна ферритного класса использовать рафинированные чугуны |
| Все  марки | Дуговая электропечь основная | 10-40 | 10-40 | до 50 | 5-10\* | до 15 | до 5 | до 70 |
| Все  марки | Индукционная тигельная электропечь | 0-15 | 0-15 | до 50 | до 60\* | до 50 | до 5 | до 70 | При выплавке чугуна ферритного класса применять отходы электротехнической стали, листовую сталь, выплавленную в конверторе. |
| Примечание: \* Количество примесей (титан, алюминий, свинец, сурьма, мышьяк, висмут, олово и др.) в шихтовых материалах должно быть минимальным, содержание элементов – перлитизаторов структуры (марганца, молибдена, меди, никеля и др.) в шихте для выплавки чугуна ферритного класса должно быть минимальным. | | | | | | | | | |
| БЕЛЫЙ ЧУГУН ДЛЯ ПЕРЕДЕЛА НА КОВКИЙ ЧУГУН | | | | | | | | | |
| Шихта  №1 | Дуплекс-процесс (вагранка+ ДСП) | 10-15 | 10-15 | 5-15 | 19-30 | 5-10 | 6-10 | 30-40 | Содержание хрома в шихте (для нормального проведения процесса графитизации отливок при отжиге) не должно превышать 0,06 – 0,07% |
| Шихта  №2 |  | 20-25 | 0-10 | 19-30 | 4-8 | 6-10 | 36-42 |
| Шихта  №3 |  | 10-20 |  | 40-50 | до 5 | 0 | 40-45 |

Таблица 5. Основные компоненты шихты и способы плавки стали для производства отливок

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Способ плавки | Основные компоненты  шихты | Выплавляемые стали | Отливки |
| Мартеновский основной | Передельный чугун и стальной лом в любых соотношениях | Углеродистые и легированные | Средние и крупные |
| Мартеновский кислый | Чистый (по фосфору и сере) стальной лом с добавлением передельного чугуна | Углеродистые и легированные | Средние и крупные |
| Электродуговой кислый | Чистый стальной лом | Преимущественно углеродистые и малолегированные | Тонкостенное ответственного назначения, преимущественно мелкие и средние |
| В индукционных печах открытых (кислых и основных) | Стальной лом, ферросплавы | Углеродистые и легированные стали | Тонкостенные ответственного назначения, преимущественно мелкие и средние |

В составе металлической шихты при выплавке сплавов в обязательном порядке используется возврат собственного производства, исчисленный при составлении баланса металла (табл. 6) на одну литейную форму (приведенный к 100% металлозавалки) и представляющий собой сумму процентов: брака отливок, литников с прибылями, скрапа и сливов. Причем, объем и масса литников и прибылей определяется по эскизным размерам всех элементов литниковой системы изготовляемой отливки.

Таблица 6. Баланс металла на одну литейную форму

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование составляющих | Масса, кг | % |
| 1 | Годное литье | \* |  |
| 2 | Брак | \* |  |
| 3 | Литники и прибыли | \* |  |
| 4 | Скрап и сливы |  | \* |
| ЖИДКИЙ МЕТАЛЛ | |  |  |
| 5 | Угар и безвозвратные потери |  | \* |
| МЕТАЛЛОЗАВАЛКА | |  | 100 |

Примечание: \*- в графы вносятся величины, рассчитанные на одну форму, а затем вычисляются остальные составляющие по отношению к 100% металлозавалки.

В заводских условиях расчет шихты для выплавки железоуглеродистых сплавов проводят методом подбора. Для получения расчетного среднего состава шихты методом подбора составляют таблицу 7.

Пользуясь данными по ориентировочному составу шихты (таблицы 4, 5), подбирают компоненты шихты и их количество на 100 кг металлозавалки.

Цифры в графах «содержание элемента в шихте» таблицы 7 получают умножением процентного содержания данного элемента в компоненте шихты на количественное содержание этого компонента в шихте и делением этого произведения на 100.

После суммирования величин для каждого элемента подсчитывают ожидаемый угар или пригар (табл. 1 – 3). Недостающие элементы до требуемого химического состава сплава (например, кремний и марганец) восполняют введением соответствующих ферросплавов (лигатур).

Таблица 7. Примерный расчет шихты методом подбора для выплавки серого чугуна марки СЧ20

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты шихты | Масса  компонента  шихты, кг | Содержание элементов | | | | | | | | | |
| C | | Si | | Mn | | P | | S | |
| % в исходном компоненте | в шихте, кг | % в исходном  компоненте | в шихте, кг | % в исходном компоненте | в шихте, кг. | % в исходном компоненте | в шихте, кг | % в исходном компоненте | в шихте, кг |
| Чугун литейный: ЛК 00  ЛК 0  ЛК 1 |  | | | | | | | | | | |
| 15 | 3,5 | 0,54 | 4,0 | 0,60 | 1,0 | 0,15 | 0,15 | 0,022 | 0,03 | 0,005 |
| 15 | 3,6 | 0,54 | 3,5 | 0,52 | 0,8 | 0,12 | 0,20 | 0,030 | 0,03 | 0,005 |
| 15 | 3,6 | 0,54 | 3,0 | 0,45 | 0,8 | 0,12 | 0,20 | 0,030 | 0,03 | 0,005 |
| Возврат | 36 | 3,2 | 1,12 | 2,36 | 0,83 | 0,85 | 0,30 | 0,18 | 0,064 | 0,13 | 0,050 |
| Стальной лом | 15 | 0,3 | 0,05 | 0,3 | 0,05 | 0,5 | 0,07 | 0,04 | 0,006 | 0,03 | 0,001 |
| Ферросилиций доменный ФС2 | 2 | 3,5 | 0,07 | 12,0 | 0,24 | 1,0 | 0,02 | 0,15 | 0,003 | 0,04 | 0,001 |
| Зеркальный чугун ЗЧ3 | 2 | 4,0 | 0,08 | 2,0 | 0,004 | 14,0 | 0,28 | 0,18 | 0,004 | 0,03 | 0,001 |
| Всего в шихте, % | 100 | - | 2,94 | - | 2,71 | - | 1,06 | - | 0,16 | - | 0,07 |
| Угар и пригар, % | - | +15 | 0,44 | -12 | 0,35 | -20 | 0,21 | - | - | +50 | 0,035 |
| В жидком металле, % | - | - | 3,38 | - | 2,36 | - | 0,85 | - | 0,16 | - | 0,105 |
| Хим. состав по ГОСТ |  | 3,3-3,5 | | 1,4-2,4 | | 0,7-1,0 | | до 0,2 | | до 0,15 | |

2.2 МЕТОДЫ РАСЧЕТА ШИХТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

2.2.1 Алюминиевые сплавы

Ниже приведен упрощенный расчет шихты алюминиевого литейного сплава марки АЛ5. Средний химический состав сплава АЛ5: 5% Si; 0,4% Mg; 1,25% Cu, остальное – алюминий. Расчет – на 100 кг сплава. Принимаем угар элементов: 1% Si; 3% Mg; 1% Al и 1% Cu.

Количество шихтовых материалов, на которое надо увеличить массу шихты для компенсации угара элементов, составит:

- кремния (5 х 1) / 100 = 0,05 кг;

- магния (0,4 х 3) / 100 = 0,012 кг;

- меди (1,25 х 1) / 100 = 0,012 кг;

- алюминия (93,35 х 1) / 100 = 0,933 кг.

Расчетные данные сводим в таблицу 8.

Таблица 8. Расчет шихты сплава АЛ 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Si | Mg | Cu | Al | Всего |
| Средний химический состав сплава, % | 5,0 | 0,4 | 1,25 | 93,35 | 100 |
| Масса на 100 кг шихты, кг | 5,0 | 0,4 | 1,25 | 93,35 | 100 |
| Угар: %  кг | 1,0 | 3,0 | 1,0 | 1,0 |  |
| 0,05 | 0,012 | 0,012 | 0,933 | 0,007 |
| Состав шихты, кг | 5,05 | 0,412 | 1,262 | 94,283 | 101,007 |

Определим необходимое количество чушкового силумина (содержит 13% Si) и лигатур.

Количество силумина составит (5,05 х 100) / 13 = 38,85 кг.

Содержание алюминия в силумине: 38,85–5,05 = 33,8 кг.

Количество алюминиево-магниевой лигатуры, содержащей 10%Mg, составит: (0,412 х 100) / 10 = 4,12 кг.

Содержание алюминия в лигатуре: 4,12 – 0,412 = 3,708 кг.

Количество алюминиево-медной лигатуры (содержит 50% Cu): (1,262 х 100) / 50 = 2,524 кг при содержании 1,262 кг алюминия.

Количество чушкового алюминия, которое необходимо ввести в шихту: 94,283 – (33,8 + 3,708 + 1,262) = 55,513 кг.

Таким образом, для выплавки 100 кг сплава АЛ5 потребуется исходных материалов (в кг):

чушкового алюминия 55,513

силумина 38,850

лигатуры алюминиево-медной 2, 524

лигатуры алюминиево-магниевой 4,120

ВСЕГО 101,007

2.2.2 Медные сплавы

В таблице 9. выполнен расчет шихты для выплавки латуни ЛЦ40С ГОСТ 17711-93 в индукционной тигельной печи.

Таблица 9. Расчет шихты сплава ЛЦ 40 С

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты шихты | Содержание материала в шихте, % | Сu | | Zn | | Pb | |
| в материале | в шихте | в материале | в шихте | в материале | в шихте |
| Возврат | 44,36 | 58,0 | 25,73 | 40,0 | 17,74 | 1,0 | 0,44 |
| Латунь  чушковая ЛСд ГОСТ 1020-77 | 55,64 | 59,0 | 32,83 | 38,4 | 21,37 | 1,1 | 0,61 |
| ИТОГО | 100 |  | 58,56 |  | 39,11 |  | 1,05 |
| Угар |  | -1% | 0,59 | -3% | 1,17 | -1% | 0,01 |
| ВСЕГО  (в жидком металле) |  |  | 57,97 |  | 37,94 |  | 1,04 |
| Хим. состав по ТУ |  |  | 57,0 - 61,0 |  | 37,0 - 42,2 |  | 0,8 – 2,0 |

3 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Выполнение работы осуществляется по заданию преподавателя или по варианту (таблица 10), который соответствует последней цифре номера зачетной книжки студента.

Таблица 10. Варианты заданий для расчета состава шихты

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Марка сплава /  Масса отливок, кг /  плавильный агрегат | Химический состав сплава в отливках (массовые доли в %) | | | | | |
| Железоуглеродистые сплавы | | | | | |
| C | Si | Mn | P | S | прочие |
| 0 | СЧ 20/15/вагранка | 3,3 – 3,5 | 1,4 – 2,4 | 0,7 – 1,0 | 0,2 | 0,15 |  |
| 1 | СЧ 30/15/ ДСП | 3,0 – 3,2 | 1,3 – 1,9 | 0,7 – 1,0 | 0,2 | 0,12 |  |
| 2 | ВЧ 40/10/вагранка | 3,3 – 3,8 | 1,9 – 2,9 | 0,2 – 0,6 | до 0,1 | до 0,02 | 0,10 Cr |
| 3 | ВЧ 60/10/ДСП | 3,2 – 3,6 | 2,4 – 2,6 | 0,4 – 0,7 | до 0,1 | до 0,02 | 0,15Cr;0,30Cu;  0,40Ni |
| 4 | КЧ 35-10/15/дуплекс | 2,5 – 2,8 | 1,1 – 1,3 | 0,3 – 0,6 | 0,10 – 0,18 | 0,06 – 0,20 | 0,06 – 0,08 Cr |
| 5 | Сталь 15Л1/5/ДСП кислый | 0,12-0,20 | 0,2-0,52 | 0,30-0,90 | 0,06 | 0,06 |  |
| 6 | Сталь 35Л1/ 5/ИЧТ основной | 0,32 – 0,40 | 0,2-0,52 | 0,40 -0,90 | 0,04 | 0,045 |  |
|  | | Алюминиевые сплавы | | | | | |
| Mg | Si | Mn | Cu | Al | прочие |
| 7 | АЛ4 / 10 / электрическая сопротивления | 0,17 -0,3 | 8 – 10,5 | 0,2 – 0,5 | - | остальное | примеси - не более 1,1 – 1,4 |
|  | | Медные сплавы | | | | | |
| Sn | Zn | Pb | Cu | Mn | прочие |
| 8 | Бр05Ц5С5 /5/ индукционная | 4 - 6 | 4,0 – 6,0 | 4,0 – 6,0 | осталь-  ное | - | примеси - не более 1,3 |
| 9 | ЛЦ16К4 /2/ электрическая тигельная | - | осталь-  ное | - | 78,0 – 81,0 | - | 3,0 – 4,5 Si; примеси - не более 2,5 |

Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам

«Литейные сплавы и плавка», «Физико-химические основы обработки материалов»,

«Основы физико-химии сплавов»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ**

**ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

I ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Исследуется плавка стали в кислородном конвертере (ЛД-процесс).

Цель плавки – получить жидкий сплав данного состава и температуры.

Основность шлака определяется по формуле В = (CaO)/(SiO₂ + P₂O₅) = 2,5÷4,0. Коэффициент распределения: LP = (P₂O₅)/[P] = 40÷80; LS = (S)/[S] = 4÷10.

Шлаковый состав в конце плавки, %: CaO = 45÷50; SiO₂ = 10÷20; P₂O₅ = 0,8÷1,2; MnO = 8÷12; Al₂O₃ = 1,0÷2,2; MgO = 5,5÷7,0; ∑FeO = 12÷20.

II ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Таблица 1

Состав металлической части шихты и готовой стали,%

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | g | C | Si | Mn | P | S | Fe |
| 1. Чугун жидкий  2. Скрап  Ферромарганец Mн3 | 90  10 | 4,30  0,20  6,00 | 0,70  0,15  1,00 | 1,40  0,50  78,0 | 0,150  0,040  0,300 | 0,050  0,040  0,020 | 93,40  99,07  14,68 |
| Готовая сталь |  | 0,14-0,22 | до 0,07 | 0,30-0,60 | 0,045 | 0,055 |  |

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Расчет ведется на 100кг.

1. Определение содержания примесей в металлической шихте (без учета ферромарганца Mн3).

∑Еiших = 10⁻²gчуг•[Е]чуг + 10⁻²gскр•[Е]скр,

где Еiших – i-ый компонент шихты; g – процентная доля i-го компонента шихты.

∑Сших = 10 -2 •90•4,3 + 10-2 •10•0,20 = 3,890 кг;

∑Mnших =10 -2 •90•1,40 + 10 -2 •10•0,50 = 1,310 кг;

∑Siших = 10 -2 •90•0,70 + 10 -2 •10•0,15 = 0,645кг;

∑Рших =10 -2 •90•0,15 + 10 -2•10•0,040 = 0,139 кг;

∑Sших = 10 -2•90•0,050 + 10 -2 • 10•0,040 = 0,049 кг.

2. Определение общего количества образующегося шлака

g∑шл = (100•2,14∑Siших + gSiO2,др.)/(SiO₂),

∑Siших – количество кремния в шихте, кг;

2,14 – стехиометрический коэффициент, характеризующий количество SiO₂, образующегося при окислении 1кг Si, кг/кг;

gSiO2,др – поступление SiO₂ в шлак из всех источников, кроме металлической шихты, кг; (находится в пределах 0,7÷0,9 кг);

(SiO₂), - содержание SiO₂ в шлаке,%, (п. I);

gшл *=* (100•2,14•0,645+ 0,8)/10 = 13.88кг*.*

3. Определение возможной степени десульфурации

[S]ост = 100•К •∑Sших/(gших + LS•gшл),

где ∑Sших – количество серы в шихте, кг;

К – коэффициент, учитывающий переход серы в газовую фазу и поступление с другими материалами;

В условиях кислородно-конвертерной плавки количество серы, удаляемой в газовую фазу, составляет 4-6% от общего количества серы, вносимой шихтовыми материалами. Добавочное количество серы, поступающей из других источников, составляет 15-20% от серы металлошихты. Поэтому К = 1,1 – 1,2.

LS – коэффициент распределения серы между металлом и шлаком;

gшл – количество шлака, кг (п.2);

gм – выход жидкого металла, кг - (принимаем 90кг).

[S]ост = 100•1,15•0,049/(90 + 6•13,88) = 0,0325% или 0.0325•90/100 = 0,029кг.

4. Определение возможной степени дефосфорации

[P]ост = 100∑Рших/(gм + 0,437•LР•gшл),

где ∑Рших – количество фосфора в шихте, кг;

LР – коэффициент распределения фосфора, (п.I);

0,437 – переводной коэффициент, учитывающий переход Р из P₂O₅;

[P]ост= 100•0,139/(90 + 0,437•60•13,88) = 0,031% или 0,031•90/100 = 0,0276кг.

5. Определение расхода извести (при условии без спуска шлака по ходу продувки)

gизв=[100/(Cизв–fизв•В)]•[B•(2,14•∆[Si]+2,29•∆[P]+gSiO2,др) - gCaO,др],

где Cизв – содержание CaO в извести,%: (см. приложение);

fизв – содержание (SiO₂ + P₂O₅) в извести, (можно принять от 2,0 до 5,0);

gSiO2,др – количество (SiO₂ + P₂O₅), поступающих из всех источников, кроме металлической шихты и извести, кг (можно принять от 0,7 до 0,8);

gCaO,др – принять от 0,50 до 0,70, кг;

2,14 и 2,29 – стехиометрические коэффициенты, характеризующие количество окисла, образующегося при окислении примеси;

∆[Si] и ∆[P] – количество Si и P, окисляющихся во время продувки, кг.

∆[Si] = ∑Siших – [Si]кон ; [Si]кон = 0; ∆ [Si] = 0,645 – 0 = 0,645 кг;

∆[P] = ∑Рших - [P]кон; [P]кон = [P]ост (см. табл. 1);∆[P] = 0,139 – 0,030 = 0,109 кг.

gизв = [100/(85 – 2,5•3)] •[3(2,14•0,645 + 2,29•109 + 1?29] кг.

6. Определение уточненного количества шлака

Количество шлака изменяется за счет ввода твердого окислителя (железной руды), который в данной работе не рассчитывается.

gшл,ут=[100/(100-∑FeO)]•[2,14•∆[Si] +2,29•∆[P]+1,29•∆[Mn] +gшл,др],

где ∆[Si], ∆[P], ∆[Mn] – количество окислившихся [Si], [P], [Mn], кг;

2,14; 2,29; 1,29 – стехиометрические коэффициенты, характеризующие количество окисла, образующегося при окислении 1 кг примеси, кг/кг;

∆[Mn] = (1 – JMn) •∑Mnших,

где JMn – коэффициент, учитывающий долю марганца шихты, остающегося в металле, принимаем 0,25;

∆[Mn] =0,75•1,310 = 0,980 кг*.*

Содержание окислов железа в шлаке (∑FeO) можно определить по формуле (∑FeO) = 1,25 + 4,0•В + 0,3/ [C]ост +10⁻⁶t²К,

где [C]ост – принятое содержание в готовой стали, табл.1.

tк – температура ванны перед раскислением, ºС (принимаем 1600);

gшл,др – находится в пределах 9 ÷ 11кг.

(∑FeO) = 1,25 + 4,0•3,0 + 0,3/0,17 + 10-6•16002 = 17,57%, (проверить как согласуется с п.I).

gшл, ут*=* [100/(100 –17,57)]•[2,14•0,645 +2,29•0,109 +1,29•0,982 + 10] = 15,61кг*.*

7. Определение остаточного содержания примесей после полного технологического процесса (продувки кислородом и присадки твердых охладителей)

7.1 Остаточное содержание марганца

[Mn]ост = 100•∑Mn/(gм + 0,775•КMn•FeО•gшл,ут),

где ∑Mn = ∑Mnших +0,775•∑MnОдр;

lgKMn = lg(MnО)/[ Mn]•(FeО) = 6230/T – 3,060=0,266; КМn =100,266 = 1,84.

В этих формулах:

∑Mnших – количество марганца, вносимого металлической шихтой, кг;

KMn – константа равновесия окисления марганца по реакции

FeO + Mn = MnO + Fe;

(FeО) – содержание FeО в шлаке, %;

∑MnОдр – принимаем от 0,05 до 0,07%;

Т – температура стали на выпуске (1600 + 273 = 1873К);

(FeО) = 2/3•(∑FeO) = 2/3•17 = 11,33 *%.*

[Mn]ост = [100•(1,310 + 0,775•0,065)]/(90 +0,775•1,84•11,33•15,61) = 0,386*%* или 0,386•90/100 *= 0,348*кг.

7.2.Определение остаточного фосфора

[Р]ост = 100•∑Р/gм + 0,437•L•gшл,ут, где ∑Р = ∑Рших + 0,437•∑Р₂О₅др= 0,139 + 0,437•0,015 = 0,146%/

В этих формулах:

∑Р₂О₅др – количество Р₂О₅, вносимого другими материалами, кг: (0,01÷0,02);

gшл,ут – количество уточненного шлака, (п.6).

[Р]ост =100•0,146/(90 + 0,437•60•15,61) = 0,029 % или 0,029•90/100 *=* 0,026кг.

7.3. Остаточное содержание серы

[S]ост = 100•∑S/(gм + LS•gшл, ут), где ∑S = ∑Sших + ∑Sдр - ∑Sгф =0,049 + 0,015 + 0,05•0,049 = 0,044.

∑Sдр принимаем от 0,01 до 0,02кг;

∑Sгф принимаем 0,05 от ∑Sших;

[S]ост = 100•0,044/(90 +6•15,61) = 0,024 кг или 0,024•90/100 = 0,022%.

8. Определение количества удаляемых из металла примесей

∆[C] = ∑Cших– 0,9[C]ост = 3,89 – 0,9•0,17 = 3,74кг;

∆[Si] = ∑Siших – [Si]ост = 0,645 – 0,00 = 0,645кг;

∆[Mn] = ∑Mnших – [Mn]ост = 1,310 – 0,48 = 0,83кг;

∆[P] = ∑Рших – [P]ост = 0,139 – 0,026 = 0,113кг;

∆[S] = ∑Sших – [S]ост = 0,049 – 0,024 = 0,025кг.

Итого ∑ ∆[E] = 5,353 кг.

9.Расчет раскисления стали

В качестве раскислителя принимаем ферромарганец Mн3, который присаживаем в ковш.

Расход ферромарганца определяем по формуле

gFeMn = [100•gм•([Mn]гот – [Mn]ост)/[ [Mn]FeMn•(100 – уMn)],

где [Mn]гот – содержание марганца в готовой стали, (находится в пределах 0,30÷0,60%);

[Mn]ост – содержание марганца в металле перед раскислением, (п.7.1 в %);

уMn – угар марганца в ковше, (25÷35%).

gFeMn = 100•90•(0,50 – 0,386)/MnFeMn•(100 – 33,5) = 0,195 кг.

10.Определение угара и усвоения элементов ферромарганца

Принимаем, что угар углерода составляет 50%; кремний окисляется полностью; фосфор полностью переходит в металл.

Результаты определения угара и усвоения элементов ферромарганца сводим в табл. 2.

Таблица 2

Угар и усвоение элементов ферромарганца\*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Эле-  мент | Всего (вносится  в ковш), кг  Мвн | Окисляется в ковше, кг  Мок | Остается в металле, кг  ММе | Количество образующегося окисла, кг  ММеО |
| С | Свн=gFeMn• (CFeMn/100) = 0,195•6/100 = 0,012 | Cок=Свн•уС/ 100 = 0,012•50/100 = 0,006 | Сме=Свн–Cок = 0,012-0,006= 0,006 | ССО=Cок• 90/ 100 •МСО/МС= 0,006•90/ 100•28/12=0,0126  ССО2 = Cок•10/ 100• МСО2/МС =0,006•10/ 100•44/12 = 0,002 |
| Si | Siвн=gFeMn• SiFeMn /100 =0,195•11/100= 0,002 | Siок = Siвн•100/ 100 *=0,002*•100/100= 0,002 | SiМе = Siвн – Siок =0,002-0,002=0 | SiO₂ = Siок•MSiO2/ MSi =0,002•60/28=0,004 |
| Mn | Mnвн=gFeMn•  MnFeMn /100 = 0,195•78/100= 0,154 | Mnок = Mnвн •30/100 =0,154•30/100= 0,046 | MnМе = Mnвн –Mnок = 0,154-0,046=0,108 | MnO=Mnок•MMnO /MMn = 0,046•71/55=0,0598 |
| P | - | - | - | - |
| Fe | Feвн=gFeMn•FeFeMn /100 = 0,195•14,68/ 100= 0,029 | - | 0,029 | - |
| Всего | gFeMn =0,195 | ∑Меок=0,054 | ∑МеМе=0,143 | ∑ММеО=0,078 |

\*) где Me и МеО – молекулярная масса металла и оксида.

11. Определение количества кислорода (из атмосферы воздуха) на окисление компонентов (примесей) ферромарганца

МO2 = МMeO – Мок = 0,078 – 0,054 = 0,024 кг.

12. Определение массы (выхода) металла после раскисления

gʹМ = gМ + МFeMn = 90 + 0,143 = 90,143 кг.

13. Определение состава металла после раскисления, %

[Me]i,гот = (Мi,ост + МʹMe)100/ gʹМ,

где [Me]i,гот – содержание i-го компонента в металле после раскисления, %;

Мi,ост – остаточное содержание i-го компонента в металле после полного цикла технологического процесса, кг (п.7).

Для определения [C]ост принимаем конечное содержание [C] в готовой стали, например, 0.17%, тогда [C]ост = 0,17•90/100 = 0,153 кг.

[C]гот = (0,153 + 0,006) •100/90,143 = 0,176; [Mn]гот = (0,348 + 0,108) •100/90,148 = 0,50%; [P] гот = (0,026 + 0,00) •100/90,143 = 0,0288%; [S] гот = (0,022 + 0,00) •100/90,143 = 0,024%/

Выводы: прокомментировать проведенный анализ конвертерной плавки малоуглеродистой стали.

**Приложение.**

Известь металлургическую применяют в качестве флюсующей добавки и составляющей шихты при выплавке стали, ферросплавов (марки ИСФ) и в доменном производстве (марки ИАД).

### Технические условия на известь металлургическую, ТУ 0750-003-12462473-2002

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Массовая доля, % | | | | | Потери при прокаливании, % - |
| CaO | MgO | SiO2 | S | P |
| не менее | не более | | | | |
| ИФС-1 | 90 | 3,0 | 2,0 | 0,08 | 0,03 | 7 |
| ИФС-2 | 85 | 3,0 | 2,0 | 0,08 | 0,03 | 11 |
| ИАД-1 | 80 | 3,0 | 2,5 | 0,08 | 0,10 | 12 |
| ИАД-2 | 70 | 3,0 | 5,0 | 0,10 | 0,10 | 15 |

Методические указания к лабораторной работе

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ**

**СТЕПЕНИ ЭВТЕКТИЧНОСТИ (УГЛЕРОДНОГО ЭКВИВАЛЕНТА)**

**НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧУГУНА**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить влияние элементов химического состава на степень эвтектичности S углеродный эквивалент (C ) Fe-Si-C сплавов и их влияние на структуру и механические свойства чугуна.

1. **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

В литейном цехе завода Ростсельмаш проведены плавки чугуна различного химического состава (табл.1) и проведены механические испытания образцов, используемых для исследования ковкого и серого чугуна в литом состоянии, и после графитизирующего отжига в печи Дресслера цеха ковкого чугуна завода Ростсельмаш.

1. **ПОРЯДОК РАБОТЫ**

* Записать наименование, цель и исходные данные.
* Рассчитать S (C ) каждой плавки.
* Построить зависимость механических свойств [σв, δ] от S (C ).
* Определить тип чугуна по структурной диаграмме Маурера и Н.Г.Гиршовича.
* Исследовать микроструктуру различных плавок и оценить в соответствии с ГОСТ 3443-77 следующие структурные составляющие: графит, металлическую матрицу (количество и форму ледебурита, количество и дисперсность перлита, соотношение перлита и феррита).
* Заключение: показать как влияет углеродный эквивалент С в Fe-Si-C сплавах на механические свойства и микроструктуру.

1. **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**
   1. Влияние углерода, кремния и других элементов на положение состава сплава относительно эвтектической концентрации определяется с помощью специальной характеристики – степени эвтектичности S, которая на практике определяется по формуле:

,

где C, Si, P, S, Mn – содержание C, Si, P, S, Mn в исследуемом чугуне, %.

Аналогичной по физическому смыслу и назначению является другая широко используемая величина – углеродный эквивалент С, который выражает эквивалентное или приведенное содержание углерода в чугуне и определяется одной из формул:



* 1. По состоянию углерода чугуны делятся на 5 типов:

1 – белый (ледебурит + перлит);

2 – половинчатый (ледебурит + перлит + графит);

3 – серый перлитный чугун (перлит + графит);

4 – перлитно-ферритный (перлит + феррит + графит);

5 – ферритный чугун (феррит + графит).

Структуру чугуна можно ориентировочно определить по структурным диаграммам Маурера или Н.Г. Гиршович (рис.1).

* 1. Классификация графита по ГОСТ 3443-77.

4.1

по форме: Г 1 – пластинчатая прямолинейная, Г 2 – пластинчатая завихренная, Г 3 – пластинчатая игольчатая, Г 4 – гнездообразная, Г 5 – вермикулярная извилистая, Г 6 – вермикулярно утолщенная, Г 7 – нитевидная, Г 8 – хлопьевидная, Г 9 – компактная плотная, Г 10 – шаровидная разорванная, Г 11 – шаровидная разорванная, Г 12 – шаровидная неправильная, Г 13 – шаровидная правильная.

4.2

по распределению: Гр1 - равномерное, Гр2 – неравномерное, Гр3 – колонии пластинчатого графита, Гр4 – колонии междендритного графита, Гр5 – веточное, Гр6 – сетчатое, Гр7 – розеточное, Гр8 – междендритное точечное.

**МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

5.1 Исходные данные, табл.1

Химический состав и механические свойства образцов в литом состоянии и после графитизирующего отжига

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № плавки | Химический состав, % | | | | | | S | C | Мех. св-ва, литье | | | Мех. св-ва, отжиг | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Gв | δ | НВ | Gв | δ | НВ |
| 1 | 2,47 | 1,45 | 0,32 | 0,050 | 0,050 | 0,03 |  |  | 50,0 | 1,0 | 388 | 37,0 | 16,4 | 131 |
| 2 | 2,94 | 1,45 | 0,28 | 0,059 | 0,056 | 0,03 |  |  | 39,0 | 1,0 | 444 | 15,0 | 1,4 | 149 |
| 3 | 2,86 | 1,31 | 0,40 | 0,055 | 0,056 | 0,03 |  |  | 41,0 | 0,6 | 241 | 17,0 | 1,4 | 149 |
| 4 | 2,06 | 1,67 | 0,38 | 0,069 | 0,052 | 0,03 |  |  | 54,0 | --- | 363 | 42,0 | 18,6 | 121 |
| 5 | 2,76 | 1,75 | 0,40 | 0,053 | 0,057 | 0,03 |  |  | 41,0 | 0,6 | 415 | 29,0 | 4,0 | 137 |
| 6 | 2,69 | 1,45 | 0,38 | 0,040 | 0,056 | 0,04 |  |  | 40,0 | 1,0 | 363 | 27,0 | 5,4 | 121 |
| 7 | 2,76 | 1,30 | 0,39 | 0,06 | 0,052 | 0,03 |  |  | 45,0 | 0,6 | 415 | 37,0 | 8,8 | 131 |
| 8 | 2,47 | 1,77 | 0,29 | 0,049 | 0,066 | 0,03 |  |  | 50,0 | 0,8 | 388 | 34,0 | 9,0 | 131 |
| 9 | 2,39 | 1,49 | 0,43 | 0,049 | 0,052 | 0,07 |  |  | 48,0 | 1,8 | 241 | 41,0 | 22,0 | 137 |
| 10 | 3,36 | 2,68 | 0,62 | 0,027 | 0,078 | 0,08 |  |  | 48,0 | --- | 192 | --- | --- | --- |

Механические свойства плавок 1-9 определены по ГОСТ 1215-79 для ковкого чугуна, а плавка 10 по ГОСТ 1412-79 для серого чугуна.

5.2 Расчет степени эвтектичности S и углеродного эквивалента С.

5.3 Построение графика зависимости для литого состояния и для отожженного чугуна от С.

5.4 Предварительное определение структуры чугуна по диаграмме Маурера и диаграмме Н.Г. Гиршовича. Диаграмму Маурера с нанесенными на нее плавками вычертить в отсчете.

5.5 Металлографическое исследование микроструктуры чугуна (выполняется при наличии материальной базы). Проводится в соответствии с ГОСТ 3443-77 путем сравнения наблюдающихся под микроскопом структурных составляющих с эталоном. Вначале исследуются графитовые включения, их форма, распределение, размер, а затем металлическая матрица, т.е. металлическая основа, дисперсность перлита и процентное содержание каждой составляющей.

Результаты заносятся в табл.2.

Таблица 2 – Микроструктура образцов чугуна.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № плавки | Структура | | | Графитовые включения | | | Металлич. матрица | | |
| S | С | Диаграмма Маур. | Форм. | Распр. | Разм. | Металл. основа | % ПиФ | Диспер. Перл. |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

5.6 Заключение: При отсутствии материальной базы (микроскопов и микрошлифов) воспользоваться укрупненным исследованием микроструктуры образцов, произведенным в литейной лаборатории НИО АО Ростсельмаш (табл.3).

Таблица 3 – Микроструктура образцов плавок после отжига

|  |  |
| --- | --- |
| Плавки | МИКРОСТРУКТУРА |
| 1-1 | Феррит, гнезда С-отжига формы «В и Г» 30 мкм. |
| 2-1 | Феррит, графит эвтектический и пластинчатый, небольшие включения гнезд С-отжига. |
| 3-1 | Феррит, графит пластинчатый и эвтектический, небольшие включения гнезд С-отжига, перлитная кайма. |
| 4-1 | Феррит, гнезда С-отжига формы «Г» 3 мкм, включения эвтектического графита. |
| 5-1 | Феррит, гнезда С-отжига формы «Б и В» 30 мкм. |
| 6-1 | Феррит, гнезда С-отжига формы «Б и В» 30 мкм, включения графитной эвтектики. |
| 7-1 | Феррит, гнезда С-отжига формы «Б и В» 30 мкм, включения графитной эвтектики. |
| 8-1 | Феррит, гнезда С-отжига формы «В и Г» 30 мкм, включения графитной эвтектики. |
| 9-1 | Феррит, гнезда С-отжига формы «Б и Г» 30 мкм. |
| 10-1 |  |