

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**

**профессионального образования**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

**МИИТ**

**Одобрено кафедрой: «Строительная механика,  
машины и оборудование»**

**«Технологические задачи по определению режима термической обработке  
стали и процессов кристаллизации сталей и чугунов»**

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
С МЕТОДИЧЕСКИМИ УКАЗАНИЯМИ**

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

*Направления: 190700.62 Технология транспортных процессов*

*Профиль: «Организация перевозок и управление в единой транспортной  
системе»*

**Москва 2012**

Составитель: д.т.н., профессор Нисаев И.П.

### **Общие указания**

Контрольная работа по дисциплине «Материаловедение» предусматривает выполнение студентами трех задач, которые имеют 90 вариантов и отличаются друг от друга маркировками сталей и сплавов и числовыми значениями заданных величин. Вариант, подлежащий решению, определяется по двум последним цифрам шифра студента

### **Требования к оформлению контрольной работы**

1. Работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой указывают название дисциплины, курс, фамилию, имя, отчество, учебный шифр студента.
2. Писать следует на одной стороне листа или на двух при наличии широких полей для замечаний.
3. Условие каждого раздела контрольного задания должно быть переписано в контрольную работу со схемой и числовыми значениями для своего варианта.
4. Каждый раздел задания следует сопровождать краткими и четкими пояснениями с вычерчиванием диаграмм и графиков.
5. К работе прилагают перечень использованной литературы, в конце работы ставят дату и подпись.
6. Работы, выполненные не по своему варианту, а также написанные неразборчиво, не рецензируются.
7. Правильно выполненная контрольная работа возвращается к студенту с указанием «Допущен к зачету» и при необходимости с перечнем замечаний, которые студент должен исправить к зачету.
8. После получения отрецензированной работы студент должен исправить все ошибки и сделать требуемые дополнения. При большом количестве исправлений они делаются в конце работы.

### **Задание на контрольную работу**

Номера вопросов к контрольной работе приведены в табл. 1.

Номера вопросов выбирают в соответствии с двумя последними цифрами учебного шифра студента.

Таблица 1

| Учебный шифр студента |    |    |    | Номера вопросов |    |    |
|-----------------------|----|----|----|-----------------|----|----|
| 01                    | 31 | 61 | 91 | 1               | 31 | 61 |
| 02                    | 32 | 62 | 92 | 2               | 32 | 62 |
| 03                    | 33 | 63 | 93 | 3               | 33 | 63 |
| 04                    | 34 | 64 | 94 | 4               | 34 | 64 |
| 05                    | 35 | 65 | 95 | 5               | 35 | 65 |
| 06                    | 36 | 66 | 96 | 6               | 36 | 66 |
| 07                    | 37 | 67 | 97 | 7               | 37 | 67 |
| 08                    | 38 | 68 | 98 | 8               | 38 | 68 |
| 09                    | 39 | 69 | 99 | 9               | 39 | 69 |
| 10                    | 40 | 70 | 00 | 10              | 40 | 70 |
| 11                    | 41 | 71 |    | 11              | 41 | 71 |
| 12                    | 42 | 72 |    | 12              | 42 | 72 |
| 13                    | 43 | 73 |    | 13              | 43 | 73 |
| 14                    | 44 | 74 |    | 14              | 44 | 74 |
| 15                    | 45 | 75 |    | 15              | 45 | 75 |
| 16                    | 46 | 76 |    | 16              | 46 | 76 |
| 17                    | 47 | 77 |    | 17              | 47 | 77 |
| 18                    | 48 | 78 |    | 18              | 48 | 78 |
| 19                    | 49 | 79 |    | 19              | 49 | 79 |
| 20                    | 50 | 80 |    | 20              | 50 | 80 |
| 21                    | 51 | 81 |    | 21              | 51 | 81 |
| 22                    | 52 | 82 |    | 22              | 52 | 82 |
| 23                    | 53 | 83 |    | 23              | 53 | 83 |
| 24                    | 54 | 84 |    | 24              | 54 | 84 |
| 25                    | 55 | 85 |    | 25              | 55 | 85 |
| 26                    | 56 | 86 |    | 26              | 56 | 86 |

|    |    |    |  |    |    |    |
|----|----|----|--|----|----|----|
| 27 | 57 | 87 |  | 27 | 57 | 87 |
| 28 | 58 | 88 |  | 28 | 58 | 88 |
| 29 | 59 | 89 |  | 29 | 59 | 89 |
| 30 | 60 | 90 |  | 30 | 60 | 90 |

**Вопросы 1-30.** По диаграмме состояний «железо – цемент» опишите, какие структурные превращения будут происходить при медленном охлаждении из жидкого состояния сплава с заданным содержанием углерода. Охарактеризуйте этот сплав. Для ответа на этот вопрос используйте данные, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

| Номер вопроса | C, % | №  | C, % | Номер вопроса | C, % |
|---------------|------|----|------|---------------|------|
| 1             | 3,8  | 11 | 2,8  | 21            | 1,2  |
| 2             | 3,7  | 12 | 2,7  | 22            | 1,1  |
| 3             | 3,6  | 13 | 2,6  | 23            | 1,0  |
| 4             | 3,5  | 14 | 2,5  | 24            | 0,9  |
| 5             | 3,4  | 15 | 2,4  | 25            | 0,8  |
| 6             | 3,3  | 16 | 2,3  | 26            | 0,6  |
| 7             | 3,2  | 17 | 1,6  | 27            | 0,5  |
| 8             | 3,1  | 18 | 1,5  | 28            | 0,4  |
| 9             | 3,0  | 19 | 1,4  | 29            | 0,3  |
| 10            | 2,9  | 20 | 1,3  | 30            | 0,2  |

**Вопросы 31-60.** Расшифруйте марки сплавов согласно варианту (табл.3), приведите номера ГОСТов и опишите влияние легирующих элементов на свойства сплавов. Для первой колонки в разделе марка сплавов опишите режимы термической обработки для получения заданных свойств и превращения в структуре стали. Постройте условный график термической обработки в координатах «температура-время».

Таблица 3

| № вопроса | Марка сплавов          | НВ  | № вопроса | Марка сплавов          | НВ (МПа) |
|-----------|------------------------|-----|-----------|------------------------|----------|
| 31        | 40, 20ХН3А, ТТ7К12     | 410 | 46        | 50, О9Г2С, ВК9         | 430      |
| 32        | 35, 30ХГСА, Т5К10      | 280 | 47        | Ст5, 35ГС, Р6М5        | 200      |
| 33        | 45, Х6ВФ, ВК18         | 450 | 48        | 65Г, 38ХН3МА, Т30К6    | 320      |
| 34        | 60, 10ХСНД, Т15К6      | 500 | 49        | 35, 30ХГСА, БрОФ4-1    | 250      |
| 35        | Ст3, 38ХН3МА, ЛЦ39МцЖ  | 180 | 50        | 60, Х18Н9Т, Л62        | 500      |
| 36        | 25, Х18Н9Т, Л90        | 200 | 51        | 20, ХВГ, Р18           | 145      |
| 37        | 65Г, Х12Ф1, БрАМц9-2   | 440 | 52        | Ст3, У8, СЧ35          | 180      |
| 38        | 20, 60С2Н2А, БрАЖ8-3   | 150 | 53        | 40Х, 30Х13Н7С2, 12ХМ3А | 400      |
| 39        | 30, ХВГ, ВК6           | 250 | 54        | 30, 10ХВСЮ, ВЧ90       | 250      |
| 40        | Ст4, 30Х13Н7С2         | 140 | 55        | Ст4, У13А, Т15К6       | 185      |
| 41        | 20, 70С3А, БрОФ4-0,25  | 180 | 56        | 40, 60С2ХФА, Р12Ф4К5   | 350      |
| 42        | 50, 50ХГФА, Бр04С6-6-3 | 400 | 57        | 35, 35НМ, КЧ60-2       | 400      |
| 43        | 40Х, 10Х13СЮ, Т15К6    | 450 | 58        | 45, ШХ4РП, У8ГА        | 520      |
| 44        | 30, Х13Ф1, БрО10Ц3     | 300 | 59        | 60Г, ЛЦ39МцЖ, ВЧ80     | 420      |
| 45        | Ст5, О9Г2С, Л62        | 390 | 60        | 60, БрО10Ц3, ТТ7К12    | 440      |

**Вопросы 61-90.** После проработки лекционного материала и рекомендованной литературы дайте ответ на поставленный вопрос согласно задания.

61. Кристаллическое строение металлов, виды кристаллических решеток и их характеристики

62. Механизм процесса кристаллизации (аллотропия, полиморфизм, кристаллизация чистого железа)

63. Упругая и пластическая деформация (наклеп, зависимость прочности от искажений кристаллической решетки)

64. Сплавы, взаимодействие компонентов в сплавах
65. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов
66. Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов
67. Классификация сталей согласно диаграммы
68. Классификация чугунов согласно диаграммы
69. Классификация сталей в зависимости от содержания вредных примесей
70. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей
71. Стали обыкновенного качества
72. Стали качественные конструкционные
73. Стали высококачественные и особовысококачественные
74. Чугуны (серый, ковкий, высокопрочный), структура и свойства
75. Термическая обработка (виды т. о.), полный отжиг
76. Диффузионный и рекристаллизационный отжиг
77. Закалка
78. Диаграмма изотермического превращения аустенита
79. Прокаливаемость сталей
80. Нормализация
81. Химико-термическая обработка, цементация
82. Химико-термическая обработка, азотирование и цианирование
83. Классификация сталей в зависимости от содержания углерода и легирующих элементов
84. Медь, сплавы меди с цинком
85. Медь. Сплавы меди с оловом и другими элементами
86. Подшипниковые сплавы (баббиты)
87. Алюминий и его сплавы, термическая обработка
88. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой
89. Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой
90. Силумины и другие алюминиевые сплавы для фасонного литья

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Отвечая на вопросы **1-30**, необходимо начертить диаграмму состояний «железо – цемент», провести на ней ординату, соответствующую заданному процентному содержанию углерода в сплаве. Точки пересечения с линиями диаграммы соответствуют критическим температурам, при которых в сплаве при медленном охлаждении происходят фазовые и структурные превращения. Рядом с диаграммой начертить кривую охлаждения данного сплава, показав связь критических точек на диаграмме и кривой кристаллизации заданного сплава. Описать сущность превращений, происходящих в сплаве при медленном охлаждении из расплавленного состояния до нормальной температуры.

Состав фаз и их процентное соотношение при заданной температуре определите, пользуясь правилом отрезков. Для этого через точку, лежащую на ординате сплава и соответствующую заданной температуре, проведите горизонтальную линию до соответствующих фазовых областей, определите и обозначьте крайние и заданную точки. Например, определяя соотношение фаз для сплава с содержанием 2,5 % углерода при температуре  $900^{\circ}\text{C}$ , в котором имеются структурные составляющие – аустенит, цементит вторичный и ледебурит, следует сначала выявить фазы, из которых состоит сплав при данных условиях (аустенит и цементит), и далее определить их количество в процентах. При этом необходимо четко представлять, что перлит и ледебурит являются механическими смесями фаз (перлит: феррит + цементит, ледебурит: аустенит + цементит (перлит + цементит), При температуре ниже  $727^{\circ}\text{C}$  ледебурит состоит из перлита и цементита, т.е., в конечном итоге, из феррита и цементита.

Вопросы **31-60** требуют знания маркировки, свойств и структуры различных сталей, чугунов, сплавов на основе цветных металлов и композиционных материалов.

Отвечая на вопрос, необходимо привести полный химический состав и свойства рассматриваемого материала. Следует указать, какие именно легирующие элементы или их сочетания придают сталям требуемые свойства, например, повышенную прочность и вязкость, жаропрочность и т.д.; классифицировать стали по назначению, качеству, степени раскисления и структуре.

Маркировку, химический состав и механические свойства сплавов определяют по соответствующим ГОСТам, например, сталь углеродистую обыкновенного качества – по ГОСТ 380 – 88; сталь углеродистую качественную конструкционную – по ГОСТ 1050 – 88; сталь углеродистую инструментальную – по ГОСТ 1435 – 90; легированные стали – по ГОСТ 801 – 87, 14959 – 79, 4543 – 88, 5950 – 85 и др.; серый чугун – по ГОСТ 1412 – 85; высокопрочный чугун – по ГОСТ 7293 – 85; ковкий чугун – ГОСТ 1215 – 86.

**Стали обыкновенного качества.** В соответствии с ГОСТ 380 – 88 сталь углеродистую обыкновенного качества выпускают в виде проката (листов, прутков, и т.п.) в нормализованном состоянии и в зависимости от состава и свойств поставляют по группам А, Б, В. Стали маркируют сочетанием букв «Ст» и цифрой (от 0 до 6), показывающей номер марки. Стали групп Б и В имеют перед маркой буквы Б или В, указывающие на их принадлежность к этим группам. Группа А в обозначении марки стали не указывается. Степень раскисления обозначают добавлением индексов: в спокойных сталях – «сп», полуспокойных – «пс», кипящих – «кп».

Стали группы А поставляют с гарантированными механическими свойствами. Химический состав не гарантируется. Стали группы А используются в состоянии поставки для изделий, изготовление которых не сопровождается горячей обработкой. В этом случае они сохраняют структуру нормализации и механические свойства, гарантируемые стандартом. В большинстве случаев они используются в строительных конструкциях.

Стали группы Б поставляют с гарантированным химическим составом. Механические свойства не гарантируются. Стали этой группы предназначены для изделий, изготавливаемых с применением горячей обработки (ковки, сварки и в некоторых случаях термической обработки), при которой исходная структура и механические свойства не сохраняются. Для таких сталей важны сведения о химическом составе, необходимые для определения режимов горячей и термической обработки.

Стали группы В поставляются с гарантированными механическими свойствами и химическим составом. Их широко применяют для изготовления сварных конструкций. Механические свойства каждой марки стали группы В соответствуют нормам для аналогичных марок стали группы А, а химический состав – нормам для тех же номеров марок группы Б. Например, сталь ВСт4сп имеет механические свойства, аналогичные стали Ст4сп, а химический состав – одинаковый со сталью БСт4сп.

Низкоуглеродистые стали номеров 1 – 4 применяют для строительных конструкций, изготавливаемых сваркой и холодной деформацией. Среднеуглеродистые стали номеров 5 и 6, обладающие большей прочностью, предназначаются для изготовления валов, шкивов, шестерен и других деталей машин.

**Углеродистые качественные стали** поставляются в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированным химическим составом и механическими свойствами. Маркируются двузначными цифрами 05, 10, 15, 20, 25..., 60, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (ГОСТ 1050 – 88). Например, сталь 10 содержит в среднем 0,10 % С, сталь 45 – 0,45 % С и т.п. Качественные стали находят многостороннее применение в машиностроении и приборостроении, так как в зависимости от содержания углерода и термической и химико-термической обработки они обладают широким диапазоном механических и технологических свойств.

**Легированные конструкционные стали** выпускают качественные, высококачественные и особо высококачественные. Их, как правило, применяют



после закалки и отпуска. В обозначении марок конструкционных легированных сталей первая цифра в начале марки указывает среднее содержание углерода в сотых долях процента, последующие буквы и цифры свидетельствуют о наличии и примерном содержании (в процентах) легирующих элементов (А-азот, Б-ниобий, В-вольфрам, Г – марганец, Д-медь, Е-селен, К-кобальт, Н-никель, М-молибден, П-фосфор, Р-бор, С-кремний, Т-титан, Ф-ванадий, Х-хром, Ц-цирконий, Ч-редкоземельные элементы, Ю-алюминий). Если количество легирующего элемента менее 1 – 1,5 %, цифра за обозначением элемента не ставится. Например, сталь 20ХН3А в среднем содержит 0,20 % С, 1 % Cr и 3 % Ni. Буква А в конце марки означает, что сталь высококачественная. Особо высококачественные стали имеют в конце марки букву Ш, например, 30ХГС-Ш.

Некоторые группы сталей содержат дополнительные обозначения: марки шарикоподшипниковых сталей начинаются с буквы Ш, электротехнических – с буквы Э, магнитотвердых – с буквы Е, автоматных – с буквы А.

**Инструментальные углеродистые стали** предназначены для изготовления режущего, измерительного инструмента и штампов холодного и горячего деформирования.

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435 – 90) поставляют после отжига на зернистый перлит с гарантией на химический состав и твердость. Их производят качественными У7, У8, У9, ... , У13 и высококачественными У7А, У8А, У9А, ..., У13А. Буква «У» в марке показывает, что сталь углеродистая, а цифра – среднее содержание углерода в десятых долях процента.

Инструмент из углеродистых сталей теряет твердость при нагреве свыше 250 °С. В связи с этим он пригоден для обработки сравнительно мягких материалов и при небольших скоростях резания или деформирования.

В инструментальных легированных сталях одна цифра в начале марки указывает на содержание углерода в десятых долях процента. При содержании в них 1 % или более начальную цифру опускают. Например, в стали ХВ4 содержится более 1 % С, около 1 % Cr и 4 % W.

**Быстрорежущие стали** – группа высоколегированных сталей, предназначенных для изготовления высокопроизводительно инструмента. Основное свойство этих сталей – высокая теплостойкость, которая обеспечивается введением большого количества вольфрама совместно с другими карбидообразующими элементами (Mo, V, Cr), а также кобальтом. Быстрорежущие стали обозначаются буквой Р, цифра после нее указывает содержание вольфрама – основного легирующего элемента в процентах. Содержание ванадия (20 %) и хрома, количество которого примерно 4 % во всех сталях, в марке не указывается. Стали, содержащие дополнительно молибден, кобальт или повышенный процент ванадия, имеют в марке соответственно букву М, К, Ф и цифры, показывающие их количество, например, Р10К5Ф5.

**Твердые сплавы** – материалы, состоящие из высокотвердых и тугоплавких карбидов вольфрама, титана, тантала, связанных кобальтом. В зависимости от состава карбидной основы твердые сплавы группируются.

Первую (вольфрамовую) группу составляют сплавы системы WC-Co. Они маркируются буквами ВК и цифрой, показывающей содержание кобальта. Сплавы этой группы применяют для изготовления режущего инструмента, используемого при обработке материалов, дающих прерывистую стружку (чугуна, цветных металлов).

Вторую группу (титановольфрамовую) образуют сплавы системы TiC-WC-Co. Они маркируются буквами Т, К и цифрами, показывающими содержание карбида титана и кобальта. Их наиболее широко применяют для высокоскоростного резания сталей.

Третью группу (титанотанталовольфрамовую) образуют сплавы системы TiC-TaC-WC-Co. Цифра в марке после букв ТТ обозначает суммарное содержание карбидов титана и тантала, а после буквы К – кобальта. От предыдущей группы эти сплавы отличаются большей прочностью и лучшей сопротивляемостью вибрациям и выкрашиванию. Они применяются для наиболее тяжелых условий резания (черновая обработка стальных слитков, отливок, поковок).

**Серые чугуны по ГОСТ 1412 – 85** маркируются так: СЧ25, где СЧ – серый чугун, 25 – предел прочности при растяжении  $\sigma_b$  (250 МПа).

**Ковкие (ГОСТ 1215 – 86) и высокопрочные чугуны ГОСТ (7293 – 85)** маркируются иначе: КЧ45 – 7 или ВЧ60, где КЧ – ковкий, а ВЧ – высокопрочный чугун, 45 или 60 – предел прочности при растяжении  $\sigma_b$  (450 или 600 МПа), 7 – относительное удлинение  $\delta$ , %.

Следует помнить, что принятые условные обозначения химических элементов для латуней, бронз, алюминиевых и других сплавов цветных металлов отличаются от условных обозначений, принятых для сталей.

**Латуни** (сплавы меди с цинком). Деформируемые латуни по ГОСТ 15527–70 маркируются буквой Л, за которой следует цифра, показывающая среднее содержание меди в сплаве, например, Л85 – латунь с содержанием меди 85 % остальное цинк. В марках латуней кроме цифры, показывающей содержание меди, даются буквы и цифры, обозначающие название и количество в процентах других элементов (кроме цинка), например, ЛАН59-3-2 содержит 59 % меди, 3 % алюминия, 2 % никеля, остальное цинк. Литейные латуни по ГОСТ 17711-93. Маркировка начинается с буквы Л, далее буквенное обозначение основного легирующего элемента (цинк) и каждого остального входящего элемента. Например, ЛЦ40С – латунь, содержащая 40 % Zn, 1 % Pb, остальное 59 % Cu.

**Бронзы** маркируются деформируемые согласно ГОСТ 5017-74, ГОСТ 18175-78, например, БрОЦС4-4-2,5. Бронзы литейные ГОСТ 613-79, ГОСТ 493-79 маркируются БрО10Ф1, где Бр – бронза, О – олово, Ф – фосфор, Ц – цинк, С – свинец, а цифры – их процентное содержание в сплаве, остальное медь.

**Алюминиевые сплавы** разделяются на деформируемые (ГОСТ 4784-74), литейные (ГОСТ 2685-75) и изготавливаемые способом порошковой металлургии

(ГОСТ 3882-74). Деформируемые сплавы подразделяются на не упрочняемые термической обработкой (система Al – Mn и Al – Mg) – АМц и АМгб и упрочняемые термической обработкой (система Al – Mg – Si, Al – Cu – Mg) – АВ, АД31, Д1, Д16 и др. Важнейшими из них являются дуралюмины. Дуралюмины маркируются буквами Д.

Важнейшие литейные алюминиевые сплавы, относящиеся к системам Al – Si и Al – Si – Cu, называются силуминами. Примерами таких сплавов являются соответственно АЛ2 и АЛ5.

Титановые сплавы маркируются по ГОСТ 19807-74, а баббиты – по ГОСТ 1320-74 и 1209-73.

## **Рекомендуемая литература**

### **Обязательная**

7.1. Фетисов Г.П. и др. Материаловедение и технология металлов: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2007. – 861с.

7.2. Материаловедение и технология конструкционных материалов для железнодорожной техники. Под редакцией д.т.н., профессора Н.Н. Воронина. – М.:Маршрут,2004. – 454 с.

### **Дополнительная**

7.3. Лахитин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

7.4. Зарембо Е.Г. Материаловедение и технология материалов: Уч. пос. – М.: РГОТУПС, 2005. – 188 с.

*Примечание.* В случае отсутствия указанной выше литературы для изучения курса пригодны любые учебники и задачки с названием «Материаловедение» или «Материаловедение и технология конструкционных материалов».