|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | вопрос | № | № | № |
|  |  |  |  | 28 | 58 | 88 |

**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 | С, % | № | С,% | Номерввопроса | С, % |
| 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*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  воп-  ро-  са | Марка сплавов | НВ | №  воп-  ро-  са | 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, БрО10ЦЗ | 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.

88. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой.

## **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 9000 С, 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 0С 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, изготовляемых 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 0С. 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 σв (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 σв (450 или 600 МПа), 7 – относительное удлинение δ, %.

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 изготовляемые способом порошковой металлургии (ГОСТ 3882-74). Деформируемые сплавы подразделяются на не упрочняемые термической обработкой (система Al – Mn и Al – Mg) – AMц и AMг6 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.

Далее, отвечая на вопрос определения режимов терми­ческой обработки, необходимо на­чертить «стальной» участок диаграммы состояний «железо- цементит» и нанести на него ординату сплава, соответ­ствующего заданию. На ординате указать температуру нагрева для соответствующих видов термической обработ­ки. Свой выбор следует обосновать.

Качественные углеродистые конструкционные и инстру­ментальные стали обычно применяют после закалки и от­пуска. Сочетание закалки с отпуском практически всегда имеет целью получения более высокого уровня свойств по сравнению с отожженным состоянием: твердости, характе­ристик прочности, вязкости и др.

Таблица 13

СТ2.ТИ

Таблица 14

-0,15

0

После этого в координатах температура — время следу­ет построить график термической обработки

**Рекомендуемая литература**

**Обязательная**

7.1. Ф е т и с о в 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. Л а х и т и н Ю.М., Л е о н т ь е в а В.П. Материаловедение: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

7.4. З а р е м б о Е.Г. Материаловедение и технология материалов: Уч. пос. – М.: РГОТУПС, 2005. – 188 с.