

Рис. 1

Линия АСD — ликвидус, а линия АЕСF — солидус. Выше линии АСD сплавы системы находятся в жидком состоянии (Ж), ниже линии АЕСF в твердом состоянии.

Превращения из жидкого состояния в твердое при медленном охлаждении до комнатной температуры (см. рис. 2) – теоретический материал

**Начало первичной кристаллизации.**

По линии **АС** из жидкого раствора начинают вы­падать кристаллы **твердого раствора углерода в γ-железе**, называ­емого **аустенитом (А)**; следовательно, в области **АСЕ** будет находиться смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и аустенита (А).

По линии **СD** из жидкого раствора начинают выпадать кри­сталлы **цементита (Ц I -** первичный**);** в области диаграммы **CDF** находится смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и цементита (Ц I).

В **точке С** при массовом содержании С 4,3 % и температуре 1147 °С проис­ходит одновременно кристаллизация **аустенита и цементита** и об­разуется **их тонкая механическая смесь эвтектика**, называемая в этой системе **ледебуритом (Л) – высокотемпературный ледебурит или аустенитный.**

Ледебурит присутствует во всех сплавах с массовым содержанием С от 2,14 до 6,67%. Эти сплавы относятся к **группе чугуна.**

**Точка Е** соответствует предельному насыщению железа углеро­дом (2,14 %). Сплавы, лежащие левее этой точки, после полного затвердевания представляют один аустенит. Эти сплавы относят­ся к **группе стали.**

**Конец первичной кристаллизации.**

По **линии АЕ** происходит полное затвердевание аустенита. В области **AGSE** сплавы представляют один аустенит.

По **линии ЕСF** эвтектическое превращение или аустенитное превращение (полная кристаллизация аустенита и цементита).

Ниже линии **СF** находится **цементит I + ледебурит**

Ниже линии **ЕС** находится **аустенит + цементит II + ледебурит**.

**Превращения в твердом состоянии (вторичная кристаллиза­ция).**

Линии **GSE, PSK, PQ** показывают, что в сплавах системы в твердом состоянии происходят изменения структуры. Превра­щения в твердом состоянии происходят вследствие перехода же­леза из одной модификации в другую, а также в связи с измене­нием растворимости углерода в железе.

При дальнейшем охлаж­дении сплава аустенит распадается с выделением по линии **GS феррита (Ф) — твердого раствора углерода в α-железе**, а по линии **SE - цементита (**избыточный углерод выделяется из решетки аустенита и образует с железом **цементит**)**.** Этотцементит, выпадающий из твердого раствора аустенита, называется **вторичным (Ц II)** в отличие от первичного цементита (**Ц I**), выпадающего из жидкого раствора.

Линии **GS и SE** – линии **начала вторичной кристаллизации**.

Линия **PSK:**

**для стального участка (линия Pe)–** конец вторичной кристаллизации**;**

**для чугунного участка (линия eK)** – начало и конец вторичной кристаллизации происходят при одной и той же температуре.

В области диаграммы **GSP** находится смесь двух фаз - ферри­та (Ф) и распадающегося аустенита (А), а в области ниже линии **SE** до чугунного участка (область **SEе**) — смесь распадающегося аустенита и вторичного цементита (**аустенит + цементит II**).

В **точке S** при массовом содержании углерода 0,8 % и при температуре 727 °С весь аустенит распадается и одновременно кристаллизует­ся **тонкая механическая смесь феррита и цементита** — **эвтектоид** (т. е. подобный эвтектике), который в этой системе назы­вается **перлитом (П).**

Сталь, содержащая 0,8% С, называет­ся **эвтектоидной**, менее 0,8% - **доэвтектоидной**, от 0,8 до 2,14 % С — **заэвтектоидной.**

При охлаждении сплавов по линии **PSK**происходит распад аустенита, оставшегося в любом сплаве системы, с образованием **перлита**, поэтому линия **PSK**называется линией **перлитного (эвтектоидного) превращения**.

Ледебурит ниже линии **PSK** называется **низкотемпературным или перлитным**.

Сравнивая между собой превращения в точках **С и S** диаграм­мы, можно отметить следующее:

**1**. выше точки **С**находится жидкий раствор, выше точки **S** — твердый раствор аустенит;

**2**. в точке **С**сходятся ветви **АС и СD***,* которые указывают на начало

выделения кристаллов из жидкого раствора (**первичной кристаллизации**);

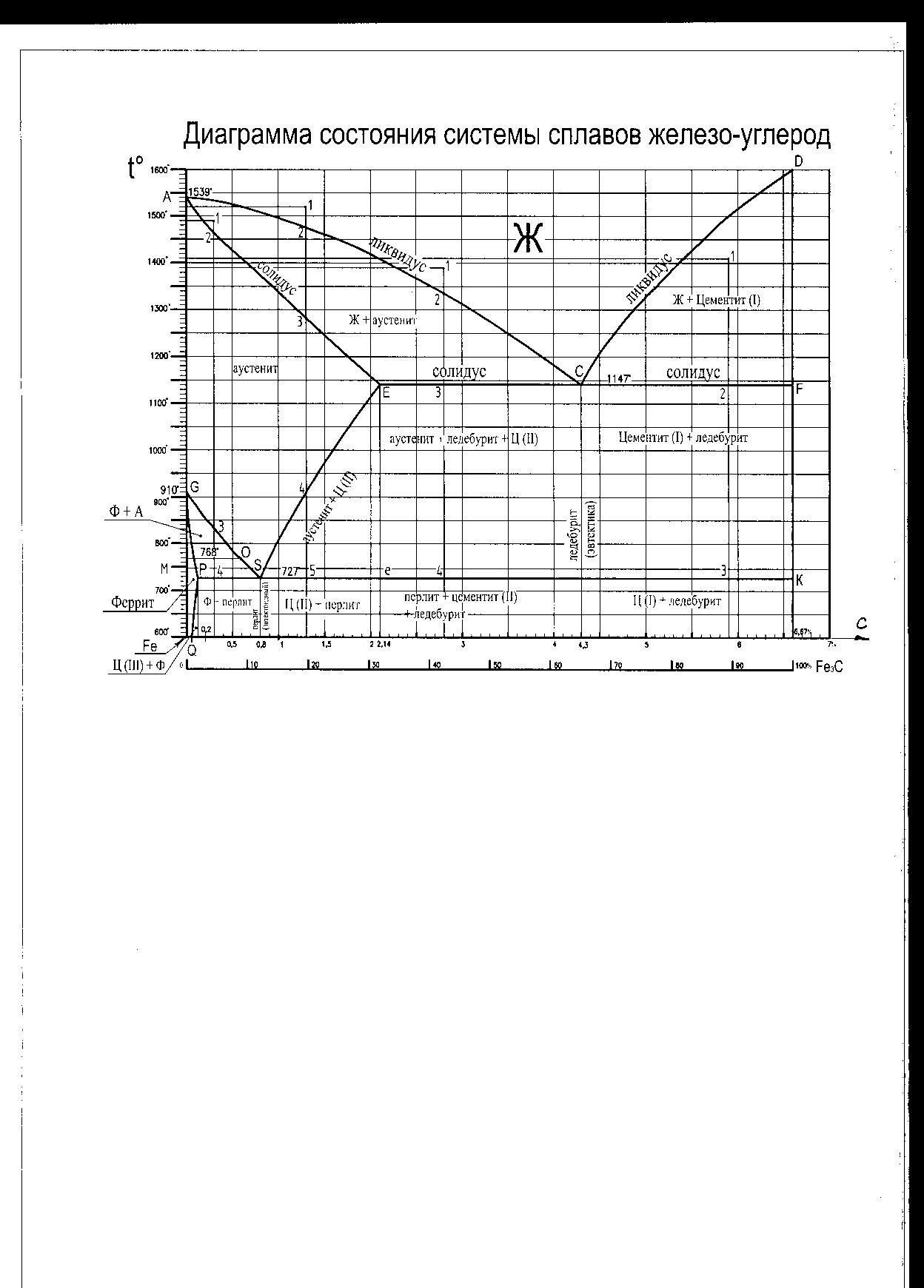
**3**. в точке **S** сходятся ветви **GS и ES***,* указывающие на начало выделения кристаллов из твердого раствора (**вторичной кристаллизации**);

**4**. в точке **С** жидкий раствор, содержащий 4,3 % С, кристалли­зуется с образованием эвтектики – **ледебурита (аустенит + цементит)**;

**5**. в точке **S** твер­дый раствор, содержащий 0,8 % С, перекристаллизуется с образо­ванием эвтектоида - **перлита (феррит + цементит)**;

**6**. на уровне точки **С**лежит прямая **ЕСF**эвтектического (ледебуритного) превращения,

**7**. на уровне точки **S** — прямая **PSK**эвтектоидного (перлитного) превращения.

**8**. ниже линии **PSK ледебурит** представляет механическую смесь **перлита и** **цементита**, так как аустенит распадается с выделением перлита.

**9**. линии **GP, PSe** – конец вторичной кристаллизации для стального участка; линия **eK** – начало и конец **вторичной кристаллизации**  для чугунного участка.

рис. 2

По этой диаграмме чугуны делятся на три группы:

**эвтектические** – 4,3% С;

**доэвтектические** – 2,14 – 4,3% С;

**заэвтектические** – 4,3 – 6,67% С.

**Аллотропические превращения**

**Аллотропия металлов или полиморфизм** – свойство перестраивать кристаллическую решетку при определенных температурах в процессе нагрева и охлаждения.

Структура, имеющая ту или иную кристаллическую решетку, называется аллотропической

формой или модификацией. Температура, при которой происходит переход металла из одного аллотропического вида в другой, называется критической.

По линии **GS** начало **аллотропического превращения –** аустенит распадается с выделением по линии **GS феррита (Ф) — твердого раствора углерода в α-железе.**

По линиям **GP** и **PS** конец **аллотропического превращения –** распад оставшегося аустенита, полная перестройка кристаллической решетки – γ-железо в α-железо.

По линии **SK – начало и конец аллотропического превращения –** происходит

при одной температуре - γ-железо в α-железо.

**Примеры структурных превращений для доэвтектоидной стали** (рис. 2).

1. Охлаждение стали от 1490˚, содержащей 0,3% С

В точке 1 находится смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и аустенита (А), при охлаждении стали в точке 2 на линии AE происходит полное затвердевание аустенита.

В точке 2 при t˚ =… – конец первичной кристаллизации.

По линии 2-3сплавы представляют один аустенит.

При дальнейшем охлаждении сплава аустенит распадается в точке 3 (на линии GS) с выделением феррита (Ф) — твердого раствора углерода в α-железе.

В точке 3 при t˚ =… – начало вторичной кристаллизации и начало аллотропического превращения.

По линии 3-4 сплав состоит из двух фаз – А + Ф.

В точке 4 при t˚ = 727˚ весь аустенит распадается - конец вторичной кристаллизации и аллотропического превращения, т.к.происходит полная перестройка кристаллической решетки – γ-железа в α-железо. Ниже т.4 находится сплав Ф + перлит.

1. Нагревание стали от комнатной температуры до 1490˚, содержащей 0,3% С.

При нагревании стали в точке 4 (727˚) происходит зарождение кристаллов аустенита и перестройка кристаллической решетки – α-железа в γ-железо (начало аллотропического или полиморфного превращения при нагревании).

По линии 4-3 сплав состоит из двух фаз – А + Ф.

При дальнейшем нагревании происходит полная перестройка кристаллической решетки – α-железа в γ-железо и в точке 3 (t˚ =…) сталь приобретает строение однородного аустенита – конец полиморфного превращения.

По линии 3-2сплавы представляют один аустенит.

В точке 2 (t˚ =…) происходит растворение аустенита и в точке 1 находится смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и аустенита (А).

**Примеры структурных превращений для заэвтектоидной стали** (рис. 2).

1. Охлаждение стали от 1520˚, содержащей 1,3% С .

В точке 1 сплав находится в жидком состоянии.

При охлаждении в точке 2 (t˚ =…) на линии АС начало первичной кристаллизации. Из жидкого раствора начинают вы­падать кристаллы твердого раствора углерода в

γ-железе, называ­емого аустенитом (А); следовательно, по линии 2-3 будет находиться смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и аустенита (А).

В точке 3 (t˚ =…) на линии AE конец первичной кристаллизации и полное затвердевание аустенита.

По линии 3-4сплав представляет один аустенит.

Точка 4 (t˚ =…) – начало вторичной кристаллизации -избыточный углерод выделяется из решетки аустенита и образует с железом цементит.Этотцементит, выпадающий из твердого раствора аустенита, называетсявторичным (Ц II).

По линии 4-5 сплав представляет смесь распадающегося аустенита и вторичного цементита (аустенит + цементит II).

В точке 5 (t˚ = 727˚) весь аустенит распадается - конец вторичной кристаллизации и в точке 5 происходит аллотропическое превращение, т.к. происходит полная перестройка кристаллической решетки γ-железа в α-железо. Ниже точки 5 находится сплав Ц II + перлит.

1. Нагревание стали от комнатной температуры до 1520˚, содержащей 1,3% С.

При нагревании стали в точке 5 (t˚ = 727˚) происходит зарождение кристаллов аустенита и перестройка кристаллической решетки из α-железа в γ-железо - аллотропическое или полиморфное превращение при нагревании. Перлит будет превращаться в аустенит, а вторичный цементит (Ц II) начнет постепенно растворяться в аустените.

По линии 5-4 область состоит из 2-х фаз - аустенит + цементит II.

При дальнейшем нагревании выше т.4 (t˚ =…) цементит полностью растворится в аустените и сталь приобретет однофазную структуру – аустенит.

Область по линии 4-3 представляет структуру аустенита.

В т. 3 (t˚ =…) зерна аустенита начнут растворяться и по линии 3-2 сплав будет состоять из 2-х фаз – А + Ж.

При дальнейшем нагревании в т. 2 (t˚ =…) аустенит полностью растворится и сплав выше т. 2 будет состоять из однородной жидкой фазы.

**Примеры структурных превращений для доэвтектического**

**белого чугуна** (рис. 2).

1. Охлаждение белого чугуна от 1390˚, содержащего 2,8% С .

В точке 1 сплав находится в жидком состоянии.

При охлаждении в точке 2 (t˚ =…) на линии АС начало первичной кристаллизации. Из жидкого раствора начинают вы­падать кристаллы твердого раствора углерода в γ-железе, называ­емого аустенитом (А); следовательно, по линии 2-3 будет находиться смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и аустенита (А). В точке 3 (t˚ =1147˚) на линии EСF конец первичной кристаллизации и полное затвердевание аустенита.

Линия EСF – линия эвтектического превращения с образованием в т. С тонкой механической смеси эвтектики, называемой в этой системе ледебуритом (Л) – высокотемпературный ледебурит или аустенитный.

По линии SE выделяется избыточный углерод из решетки аустенита и образует с железом цементит**.** Этотцементит, выпадающий из твердого раствора аустенита, называетсявторичным (Ц II).

Поэтому ниже т. 3 до т. 4 (t˚ =727˚) будет находится смесь - аустенит +

цементит II + ледебурит.

При дальнейшем охлаждение в твердом состоянии происходит вторичная кристаллизация в т. 4 на линии PSK (происходит распад аустенита с образованием перлита, поэтому линия PSKназывается линией перлитного (эвтектоидного) превращения).

Ледебурит ниже т. 4 (линия PSK)называется низкотемпературным или перлитным и представляет механическую смесь перлита и цементита.

В т. 4 происходит аллотропическое превращение А (γ-железо) → П (α-железо + Ц).

Ниже т. 4 сплав будет состоять из П + Ц(II) + Л.

1. Нагревание белого чугуна от комнатной температуры до 1390˚, содержащего 2,8% С .

При нагревании белого чугуна в точке 4 (t˚ = 727˚) происходит зарождение кристаллов аустенита и перестройка кристаллической решетки из α-железа в γ-железо (аллотропическое или полиморфное превращение при нагревании). Перлит будет превращаться в аустенит.

Выше т. 4 до т. 3 (1147˚) будет находиться смесь - аустенит + цементит II + ледебурит. Ледебурит перлитный в результате аллотропического превращения перейдет

в ледебурит аустенитный при t˚ = 727˚.

При дальнейшем нагревании в т. 3 (t˚ = 1147˚) зерна аустенита начнут растворяться и по линии 3-2 сплав будет состоять из 2-х фаз – А + Ж.

При дальнейшем нагревании в т. 2 (t˚ =…) аустенит полностью растворится и сплав будет состоять из однородной жидкой фазы.

В т. 1 (t˚ = 1390˚) сплав будет состоять из жидкой фазы.

**Примеры структурных превращений для заэвтектического**

**белого чугуна** (рис. 2).

1. Охлаждение белого чугуна от 1410˚, содержащего 5,9% С .

В точке 1 до т.2 находится смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и цементита первичного (Ц I).

В т. 2 при 1147˚ конец первичной кристаллизации, происходит полная кристаллизация цементита I.

Линия EСF – линия эвтектического превращения с образованием в т. С тонкой механической смеси эвтектики, называемой в этой системе ледебуритом (Л) – высокотемпературный ледебурит или аустенитный. Поэтому ниже т. 2 до т. 3 (t˚ =727˚) будет находится смесь - цементит I + ледебурит.

При дальнейшем охлаждение в т. 3 на линии PSK происходит превращение в твердом состоянии, т.е. вторичная кристаллизация - распад аустенита с образованием перлита, поэтому линия PSKназывается линией перлитного (эвтектоидного) превращения.

Ледебурит ниже т. 3 (линия PSK)называется низкотемпературным или перлитным и представляет механическую смесь перлита и цементита, поэтому

в т. 3 происходит аллотропическое превращение ледебурита аустенитного в ледебурит перлитный.

Ниже т. 3 сплав будет состоять из Ц(I) + Л (П + Ц).

1. Нагревание белого чугуна от комнатной температуры до 1410˚, содержащего

5,9% С .

При нагревании белого чугуна в точке 3 (t˚ = 727˚) происходит зарождение кристаллов аустенита и перестройка кристаллической решетки из α-железа в γ-железо -аллотропическое или полиморфное превращение при нагревании при t˚ = 727˚ . Происходит превращение перлита в ледебурите в аустенит. Ледебурит перлитный в результате аллотропического превращения перейдет в ледебурит аустенитный.

Поэтому выше т. 3 до т. 2 (1147˚) будет находиться смесь - цементит I + ледебурит.

При дальнейшем нагревании в т. 2 (t˚ = 1147˚) цементит начнет растворятся и сплав выше т. 2 до т. 1 будет состоять из двух фаз – Ж + Ц (I).

Рекомендации по выполнению контрольных работ

При выполнении контрольных работ по пункту «2» указать температуры точек при которых происходят превращения. Превращения для точек C и S см. теорию.

При выполнении теоретических вопросов кратко описать процесс, цель,

достоинства, недостатки, свойства (для материала) – в соответствии с заданием.

Объем письменной контрольной работы должен составлять не менее 6-7 печатных листов, что соответствует 15-18 страницам текста в ученической тетради.

Контрольные оформляются на одной стороне стандартного листа формата А-4 белой бумаги или в ученических тетрадях.

Работы оформляются компьютерным или рукописным способом. При оформлении работ компьютерным способом текст оформляется шрифтом Times New Roman, размер шрифта 12-14, межстрочный полуторный интервал.

При оформлении рукописным способом работа пишется разборчивым подчерком. Для отметок рецензента оставляются поля шириной 3-4 сантиметра.

Работа должна иметь общую нумерацию страниц. На титульном листе номер не проставляется.

Перечень рекомендуемых учебных изданий:

Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов:

Учебник для техникумов. - 8-е изд.,,перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2006. – 382 с.: ил.

Интернет-ресурсы:

[**http://metallicheckiy-portal.ru/marki\_metallov/marki\_stali\_rasshifrovka**](http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/marki_stali_rasshifrovka) **- марки сталей**

<http://yaruse.ru/posts/filter/2> - о сталях все

<http://spooz.ru/node/242> **- со страницы 83**

Углеродистые стали делятся на конструкционные и инструментальные.

1. Конструкционные :

а) обыкновенного качества по ГОСТ 380-2000, Ст0, Ст1, Ст2…Ст6 – цифры - условный номер марки. Индексы - кп – кипящая, пс – полуспокойная, сп – спокойная обозначают степень раскисления (например Ст3кп).

б) качественные по ГОСТ 1050-88. Сталь 08, Сталь 10,…Сталь20,…Сталь 45 и т.д.

Цифры означают среднее массовое содержание углерода в сотых долях % -та

1. Инструментальные по ГОСТ 1435 Сталь У7, Сталь У8,…Сталь У13 – цифры означают содержание углерода в десятых долях % -та. ( Сталь У13 – 1,3% С)

Сталь У13А – А означает высококачественную сталь, ставится в конце марки стали.

Легированные стали:

Конструкционные – 12ГС, 20ХН3А, 12Х18Н10Т. Цифры перед маркой стали означают среднее массовое содержание углерода в сотых долях % -та, после буквы - в целых долях процента, А - означает высококачественную сталь, ставится в конце марки стали.

Например: 12Х18Н10Т – 0,12% С, 18% Cr, 10% Ni, Т – титан – от 1 до 1,5%, если не стоит цифра. Если сталь содержит менее 0,1% углерода, то 1-ая цифра «0», например:

08Х18Т1, 06ХН28МТ – 0,08% С или 0,06% С.

Инструментальные – содержание углерода в десятых долях, например: 9ХС – 0,9% С,

ХВГ – если цифра отсутствует, то 1% С, от 1 до 1,5% - хрома (Х), вольфрама (В), марганца (Г).

ШХ15 – 1,5% хрома, Ш – шарикоподшипниковая.

Р9М5 – быстрорежущая сталь - 9% волфрама, 5% - молибдена, Р – означает быстрорежущая, в быстрореж. сталь входит хром около 4% - в обозначении не указывается.

Если перед маркой стоит буква «А» - автоматная.

Буква А в черных металлах обозначает азот – ставится только в середине марки.

В цветных металлах – А – алюминий.

Цветные сплавы:

Л96, Л90, Л86, Л80 – латунь (сплав меди с цинком), цифра означает содержание меди в

процентах ( напр. 96% меди, остальное цинк) – простые латуни;

специальные латуни – например ЛМцЖ 55-3-1 – Л – латунь, 55% меди, Мц – марганец 3%, Ж – железо 1%, остальное цинк.

Бронза – сплав меди с химическими элементами (кроме цинка, если есть, то в малых процентах); Бр ОЦС 6-6-3 – 6% - олова, 6% - цинка, 3% - свинца, остальное медь.

Бр – означает бронза.