1. *Вычертите диаграмму состояния системы алюминий - германий. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состояниях. Укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния. Определите количественное соотношение фаз и их химический состав в середине температурного интервала первичной кристаллизации сплава с 10% Ge (Приложение А).*

Диаграмма состояния Αl—Ge является диаграммой эвтектического типа. Промежуточные фазы не образуются. Характеризуется эвтектическим превращением при температуре 424 °С с эвтектической точкой при содержании 30,3 % Ge. Температура эвтектики определена равной 415,5 °С. Эвтекти­ка кристаллизуется при содержании 28,4 %. Максимальная раствори­мость Ge в Аl равна - 2,8 %. С понижением температуры растворимость Ge в А1 уменьшается..

Солидус системы А1—Ge в области, богатой Ge, имеет ретроградный характер. Растворимость А1 в Ge при температуре 925, 900, 675, 500, 300 °С составляет 0,17; 0,43; 0,97; 0,92; 0,63 %. Максимальная растворимость А1 в Ge при эвтектической температуре составляет 1,2 %; ретро­градный характер измерения растворимости не обнаружен. Химические соединения отсутствуют.

Линии диаграммы: *Аe* –линия температур начала кристаллизации (конца плавления) сплавов, или линия ликвидуса α- твердого раствора (твердого раствора Al в Ge). Выше этой линии сплав находится в состоянии однородного жидкого раствора, в котором атомы Al равномерно перемешаны с атомами Ge.

*Аa* – линия температур конца кристаллизации (начала плавления), или линия солидуса α- твердого раствора. Ниже этой линии сплав находится в твердом состоянии.

Be – линия ликвидуса, начала кристаллизации (конца плавления) сплавов.

Между линиями ликвидуса и солидуса находится двухфазная область (Ж+α и Ж+Ge) – насыщенный жидкий и твердые растворы, составы которых изменяются по линии ликвидус (жидкой фазы) и солидус (твердой фазы).

Для определения химического состава в середине температурного интервала первичной кристаллизации с 10% Ge используем правило отрезков. Для этого проводим горизонтальную линию (коноду) в указанном интервале до пересечения с линиями (ликвидус и солидус) ограничивающими данную область. Проекции точек пересечения на ось концентраций показывают концентрацию компонентов в фазах (или составы фаз).

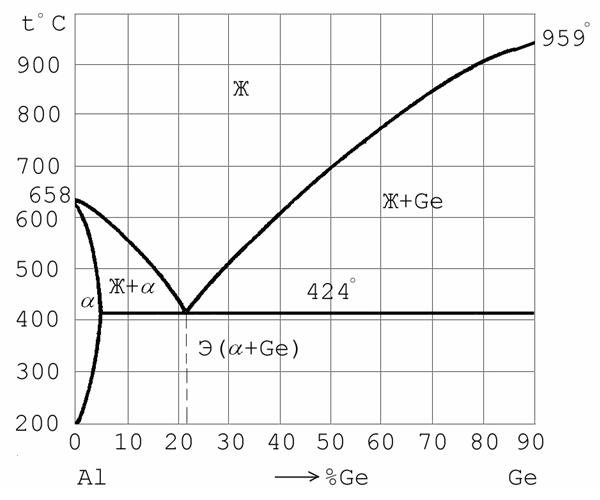
Таким образом, химический состав твердой фазы в точке - *l* (15% Al , остальное - 85% Ge). Химический состав жидкой фазы в точке s - (4,5% Al, остальное – 95,5% Ge).

Определение количественного соотношения жидкой и твердой фазы:

Количественная масса фаз обратно пропорциональна отрезкам проведенной коноды. Количество всего сплава (*Qсп*) определяется отрезком *sl.*

Отрезок, прилегающий к линии ликвидус *kl*, определяет количество твердой фазы

Отрезок, прилегающий к линии солидус *sk*, определяет количество жидкой фазы



X

s k l

1. *Вычертите диаграмму состояние железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния, опишите превращения и постройте кривую охлаждения сплава, содержащего 0,4% С. Схематически изобразите структуру этого сплава при комнатной температуре. (Приложение B).*

Первичная кристаллизация сплавов системы железо-углерод начинается по достижении температур, соответствующих линии ACD (линии ликвидус), и заканчивается при температурах, образующих линию AECF (линию солидус).

При температурах, соответствующих линии AС, из жидкого раствора кристаллизуется аустенит. В сплавах, содержащих от 4,3 % до 6,67 % углерода, при температурах, соответствующих линии CD, начинают выделяться кристаллы цементита первичного. B точке С при температуре 1147°С и концентрации углерода в жидком растворе 4,3 % образуется эвтектика, которая называется ледебуритом. Процесс первичной кристаллизации чугунов заканчивается по линии ECF образованием ледебурита.

Таким образом, структура чугунов ниже 1147°С будет: доэвтектических – аустенит + ледебурит, эвтектических – ледебурит и заэвтектических – цементит (первичный) + ледебурит.

Линия GS соответствует температурам начала превращения аустенита в феррит. Ниже линии GS сплавы состоят из феррита и аустенита.

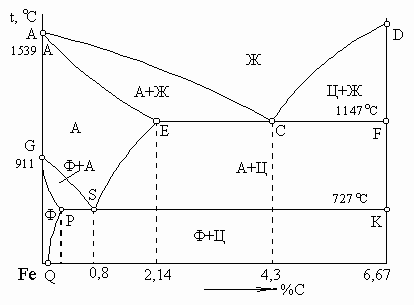
Линия ЕS показывает температуры начала выдел пня цементита из аустенита вследствие уменьшения растворимости углерода в аустените с понижением температуры. Цементит, выделяющийся из аустенита, называется вторичным цементитом.

В точке S при температуре 727°С и концентрации углерода в аустените 0,8 % образуется эвтектоидная смесь состоящая из феррита и цементита, которая называется перлитом. Перлит получается в результате одновременного выпадения из аустенита частиц феррита и цементита. Линия PQ показывает на уменьшение растворимости углерода в феррите при охлаждении и выделении цементита, который называется третичным цементитом.

Доэвтектоидные стали при температуре ниже 727ºС имеют структуру феррит + перлит и заэвтектоидные – перлит + цементит вторичный в виде сетки по границам зерен.

В доэвтектических чугунах в интервале температур 1147–727ºС при охлаждении из аустенита выделяется цементит вторичный, вследствие уменьшения растворимости углерода(линия ES). По достижении температуры 727ºС (линия PSK) аустенит, обедненный углеродом до 0,8% (точка S), превращаясь в перлит. Таким образом, после окончательного охлаждения структура доэвтектических чугунов состоит из перлита, цементита вторичного и ледебурита превращенного (перлит + цементит).

Структура эвтектических чугунов при температурах ниже 727ºС состоит из ледебурита превращенного. Заэвтектический чугун при температурах ниже 727ºС состоит из ледебурита превращенного и цементита первичного.



а) б)

Рисунок 1: а – диаграмма железо-цементит, б – кривая охлаждения для сплава, содержащего 0,4% углерода.

Сплав, содержащий 0,4 %С, по составу отвечает точке эвтектоидного превращения S.

До точки 1 на кривой охлаждения сплава происходит охлаждение жидкости. От т.1 до т.2 – выделение из жидкости кристаллов аустенита. От т.2 до т.3 протекает эвтектоидное превращение при 727°С А <=> Ф+Ц, образуется Перлит (Ф+Ц). От т.3 дот.4 – охлаждается образовавщийся перлит.

Сплав железа с углеродом, содержащий 0,4% С, называется среднеуглеродистой сталью. Его структура при комнатной температуре феррит + перлит



1. *Назначьте режим закалки и отпуска вала, изготовленного из стали 45. Приведите график термической обработки и структуру после закалки и после отпуска. Опишите, как изменятся свойства стали после отпуска.*

Сталь 45 - Сталь конструкционная углеродистая качественная, содержит 0,45 %С, в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твёрдость не более НВ 2070 Н/мм2. При твёрдости НВ 1900…2000 Н/мм2.

Химический состав стали марки 45:

Сталь 45 (ГОСТ 1050-74): 0,42-0,50%C, 0,50-0,80%Mn, 0,17-0,37%Si,<0,25%Cr, <0,25%Ni, <0,045%S, < 0,04%P.

Для повышения прочности можно применять нормализацию или закалку с высоким отпуском. Последний вариант обработки сложнее, но позволяет получить не только более высокие характеристики прочности, но и более высокую вязкость. В стали 45 минимальные значения ударной вязкости КС (ан) после нормализации составляют 200…300 кДж/м2, а после закалки и отпуска с нагревом до 550 °С достигают 600…700 кДж/м2.

Закалка доэвтектоидной стали заключается в нагреве стали до температуры выше критической (Ас3), в выдержке и последующем охлаждении со скоростью, превышающей критическую. Температура точки Ас3 для стали 45 составляет 755°С.

Доэвтектоидные стали для полной закалки следует нагревать до температуры на 30-50°С выше Ас3. Температура нагрева стали под полную закалку, таким образом, составляет 800-820°С. Структура стали 45 при температуре нагрева под закалку – аустенит, после охлаждения со скоростью выше критической – мартенсит.

После закалки в воде углеродистая сталь 45 получает структуру мартенсита. Однако вследствие небольшой прокаливаемости углеродистой стали эта структура в изделиях диаметром более 20…25мм образуется только в сравнительно тонком поверхностном слое толщиной до 2…4 мм.

Последующий отпуск, который проводится при температуре 550-600˚С, вызывает превращение мартенсита в сорбит отпуска только в тонком поверхностном слое, но не влияет на структуру и свойства основной массы изделия. Сталь со структурой сорбита отпуска обладает более высокими механическими свойствами, чем та же сталь со структурой сорбита закалки или имеющая феррито-перлитную структуру. Наибольшие напряжения от изгиба, кручения и повторно переменных нагрузок воспринимают наружные слои, которые должны обладать повышенными механическими свойствами.

Высокие отпуск почти полностью снимает остаточные напряжения, возникшие при закалке.

График термической обработки вала из стали 45.

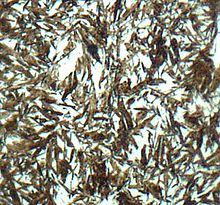
t`

800-820˚С

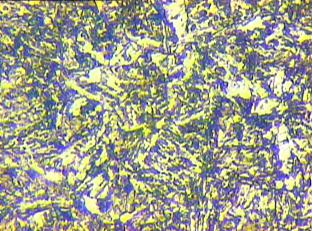
550-600˚С

закалка высокий отпуск τ

После закалки в воде углеродистая сталь 45 получает структуру мартенсита+аустенит.



Последующий отпуск вызывает превращение мартенсита в сорбит отпуска.



1. *Расшифруйте марочный состав сталей и классифицируйте их по назначению: Ст1кп, 10, А20, 15ХСНД, ШХ6, У8, 7ХГ2ВМФ, Р9К5. Опишите влияние добавок хрома на свойства стали. Расшифруйте марки чугунов и укажите вид графита: СЧ25, ВЧ40, КЧ33-8.*

**Ст1кп** – Ст – сталь, 1 – условный номер марки, степень раскисления – кипящая (кп). Сталь конструкционная, углеродистая обыкновенного качества.

**10** – конструкционная углеродистая качественная, содержащая 0,10 % С.

**А20** – А - автоматная сталь конструкционная, повышенной обрабатываемости, содержащая 0,20% С.

**15ХСНД** – сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, содержащая 0,15% C и легирующие добавки хрома (Х), кремния (С), никеля (Н) и меди (Д), причем содержание каждой добавки не превышает 1 %

**ШХ6** – Ш – Шарикоподшипниковая качественная конструкционная хромистая сталь, содержащая сталь 0,6% хрома (Х).

**У8** – У – углеродистая инструментальная сталь, содержащая 0,8 %С.

**7ХГ2ВМФ** – сталь инструментальная штамповая, содержащая 0,7% C, по 1%

марганца (Г), вольфрама (Ф), молибдена (М) и 0,2% ванадия (В).

**Р9К5** – сталь инструментальная (Р) – быстрорежущая, содержит 9% вольфрама и 5% кобальта.

***Хром*** – важный компонент во многих легированных сталях (в частности, нержавеющих), а также и в ряде других сплавов. Используется в качестве износоустойчивых и красивых гальванических покрытий (хромирование). Хром применяется для производства сплавов: хром-30 и хром-90, незаменимых для производства сопел мощных плазмотронов и в авиакосмической промышленности.

**СЧ25** –серый чугун, предел прочности при растяжении 250 МПа (или 25 кг/мм2). *Графит пластинчатой формы.*

**ВЧ40** – высокопрочный чугун, предел прочности при растяжении 400 МПа (или 40 кг/мм2). *Шаровидный графит.*

**КЧ33-8** – ковкий чугун с пределом прочности при растяжении 330 МПа (или 33 кг/мм2) и относительным удлинением при разрыве 8%. *Хлопьевидный графит.*

1. *Расшифруйте марочный состав цветных сплавов АМг0,5; АК9; Д6; Л90; ЛЦ14К3С3; БрОФ6,5-0,15; БрО8Н4Ц2; Б83. Укажите области применения указанных марок. Какие из них могут быть использованы в качестве антифрикционных материалов? Опишите влияние олова на свойства бронз.*

**АМг0,5** – А – алюминиевый сплав, содержащий 0,5 % магния (Mg). Применяется для изготовления сварных мало- и средненагруженных конструкций (в строительстве, судостроении, транспортном машиностроении и авиации); сварных ёмкостей, масло- и бензопроводов, штампованных изделий, посуды, бытовых предметов и т.п.

**АК9** – алюминиевый литейный сплав (силумин), содержит 9% кремния.

Применяется для литья деталей в авто-, мото- и авиастроении (напр. картеров, блоков цилиндров, поршней), и для производства товаров народного потребления (напр. теплообменников, мясорубок).

**Д6** – дуралюмин (Д)( сплав Al с Cu) 6 – условный номер сплава.

**Л90** – латунь (сплав меди с цинком), содержит: медь – 90%. ТОМПАК. Применяется для изготовления деталей машин, приборов теплотехнической и химической аппаратуры, радиаторных трубок, художественных изделий, знаков отличия и фурнитуры, медных духовых инструментов, а также для плакирования стали и получения биметалла сталь-латунь

**ЛЦ14К3С3** – латунь (Л) литейная, содержит: цинк (Ц) – 14%, калий (К) – 3%, свинец (С) – 3%. Применяется в судостроении, авиации, машиностроении, горнодобывающей, нефтегазодобывающей промышленности и т.д.

**БрОФ6,5-0,15** – деформируемая бронза (Бр), содержит: олово (О) – 6,5%, фосфор (Ф) – 0,15 % и остальное медь. Ленты, полосы, прутки, применяемые в машиностроении, подшипниковые детали трубозаготовки для изготовления биметаллических сталебронозовых втулок.

**БрО8Н4Ц2** – бронза оловянная литейная, содержит: олово (О) – 8%, никель (Н) – 4 %, цинк (Ц) – 2% и остальное медь. Применяется для литых деталей сложной формы.

**Б83** – оловянный баббит (Б), содержит: олово – 83%.Применяется баббит Б-83 в подшипниках, работающих при больших скоростях и средних нагрузках.

В качестве антифрикционных материалов могут быть использованы марки – **Л90, ЛЦ14К3С3**, **БрОФ6,5-0,15, БрО8Н4Ц2, Б83.**

***Олово*** на механические свойства меди влияет аналогично цинку: повышает прочность и пластичность. Сплавы меди с оловом обладают высокой антикоррозионной стойкостью и хорошими антифрикционными свойствами. Этим обусловливается применение бронз в химической промышленности для изготовления литой арматуры, а также в качестве антифрикционного материала в других отраслях.