

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИСиС»
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра металлургических технологий и оборудования

**Е.В. Братковский,
Е.А. Шевченко**

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания
для выполнения контрольных работ/домашних заданий
по дисциплинам «Материаловедение» и «Технология конструкционных
материалов» для бакалавров направления 22.03.02 «Металлургия», 15.03.03
«Технологические машины и оборудование», 13.03.01 «Теплотехника и
теплоэнергетика», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
всех форм обучения

Новотроицк, 2017

УДК 621.74 (075.8)
ББК 30.3
Б 87

Рецензенты

Доцент кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», к.т.н., доцент О.С. Ануфриенко

Доцент кафедры электротехники и электроэнергетики Новотроицкого филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС», к.т.н., доцент М.Н. Давыдкин

Братковский Е.В., Шевченко Е.А. «Материаловедение и технология конструкционных материалов»: Методические указания, для выполнения домашних заданий и контрольных работ по дисциплинам «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов» для бакалавров направления 22.03.02 «Металлургия», 15.03.03 «Технологические машины и оборудование», 13.03.01 «Теплотехника и теплоэнергетика», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения. - Новотроицк: НФ НИТУ МИСиС, 2017. – 64 с.

Методические указания предназначены для выполнения заданий студентами по дисциплинам «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов» с целью закрепления наиболее сложного теоретического материала и лучшего его осмысления. Изложены основы теории строения металлов и сплавов, пластической деформации и механических свойств металлов, а также технологии термической обработки стали. Представлены варианты заданий для контрольных работ/домашних заданий по дисциплинам «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов». Все необходимые данные для выполнения заданий приведены в приложении, что существенно облегчит работу студентам и сэкономит их время.

Указания составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО и образовательных стандартов НИТУ «МИСиС» подготовки бакалавров направлений 22.03.02 «Металлургия», 15.03.03 «Технологические машины и оборудование», 13.03.01 «Теплотехника и теплоэнергетика», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», обучающихся по профилям, реализуемым в НФ НИТУ «МИСиС».

Рекомендовано Методическим советом НФ НИТУ «МИСиС»

© Новотроицкий филиал
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский технологический
университет «МИСиС», 2017

Содержание

Введение	4
1 Теоретическое введение	5
1.1 Строение металлов и сплавов	5
1.1.1 Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов	5
1.1.2 Диаграмма состояния сплавов железо-цементит (Fe—Fe ₃ C)	7
1.1.3 Влияние элементов на структуру и механические свойства сплавов.....	8
1.1.4 Влияние модифицирования и специальных способов воздействия на структуру и свойства сплавов	12
1.2 Пластическая деформация и механические свойства металлов.....	14
1.3 Основы технологии термической обработки	16
1.4 Цветные металлы и сплавы	21
1.5 Неметаллические материалы	24
2 Требования к оформлению контрольной работы/домашнего задания	26
3 Задания на контрольную работу/домашнее задание № 1	27
4 Задания на контрольную работу/домашнее задание № 2	38
Список рекомендуемой литературы	56
Приложение А. Диаграммы состояния двойных металлических сплавов.....	57

Введение

Материаловедение - наука, изучающая состав, строение и свойства конструкционных материалов, а также закономерности их изменения под влиянием различных воздействий.

Материаловедение относится к числу основополагающих дисциплин для подготовки современного бакалавра по техническим направлениям. Это связано с тем, что получение, разработка новых материалов, способы их обработки являются основой современного производства и во многом определяют уровень своего развития научно-технический и экономический потенциал страны. Проектирование рациональных, конкурентоспособных изделий, организация их производства невозможны без достаточного уровня знаний в области материаловедения.

От физических и механических свойств зависят технологические и эксплуатационные свойства материалов.

Главной задачей изучения дисциплин «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов» является приобретение теоретических знаний и формирование практических навыков и умений, способствующих успешному освоению дальнейших дисциплин направления подготовки.

Успешное выполнение контрольной работы/домашнего задания является необходимым условием качественного освоения таких специальных дисциплин как «Металлургия стали», «Электрометаллургия и производство ферросплавов», «Специальные стали», а также написания и защиты выпускной квалификационной работы.

При выполнении контрольной работы/домашнего задания формируются компетенции, предусмотренные учебным планом подготовки бакалавров направлений 22.03.02 «Металлургия», 15.03.03 «Технологические машины и оборудование», 13.03.01 «Теплотехника и теплоэнергетика», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» по дисциплинам «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов».

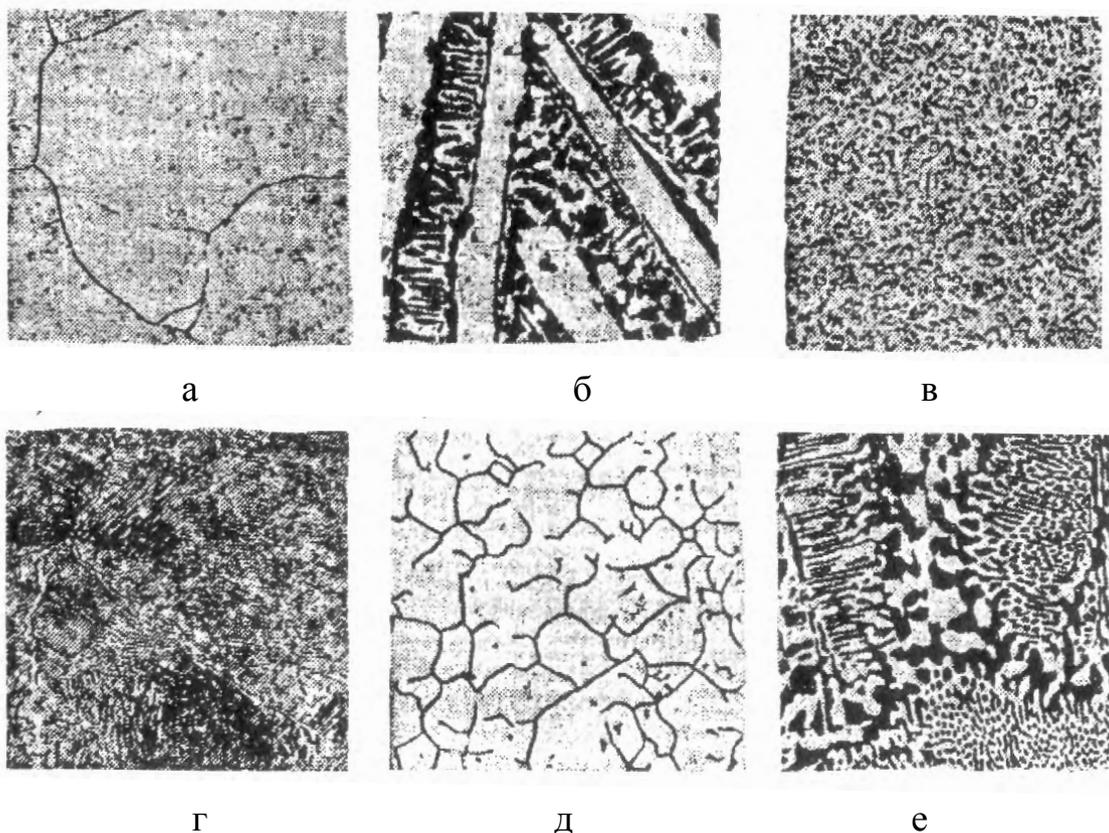
1 Теоретическое введение

1.1 Строение металлов и сплавов

1.1.1 Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов

Сталь и чугун - основные машиностроительные материалы. Они составляют 95 % всех используемых в технике сплавов.

Сталью называют сплавы железа с углеродом и другими элементами, содержащие до 2 % углерода. Углерод - важнейшая примесь стали. От его содержания зависят прочность, твердость и пластичность стали. Кроме железа и углерода в состав стали входят кремний, марганец, сера и фосфор. Эти примеси обычно попадают в сталь в процессе выплавки и являются ее неизбежными спутниками. Микроструктура железоуглеродистых сплавов представлена на рисунке 1.1.



а - зерна феррита; б - светлые пластины цементита в заэвтектическом белом чугуне; в - зернистый перлит, зерна цементита; г - пластинчатый перлит, пластины цементита; д - зерна аустенита, установленные методом окисления при 925 °С; е - ледебурит эвтектического белого чугуна

Рисунок 1.1 - Микроструктуры железоуглеродистых сплавов

Чугуна отличается от стали более высоким содержанием углерода (более 2,14 %). Наибольшее распространение получили чугуны, содержащие 3-3,5 % углерода. В состав чугунов входят те же примеси, что и в сталь, т. е. кремний,

марганец, сера и фосфор, но в несколько больших количествах. Углерод в чугунах может находиться в химическом соединении с железом либо в свободном состоянии в виде графита. Чугуны, у которых весь углерод находится в химическом соединении с железом, называют белыми (по виду излома), а чугуны, весь углерод которых или большая его часть представляет собой графит называются серыми.

В железоуглеродистые сплавы входят различные структурные составляющие, свойства которых обуславливают свойства стали и чугуна.

Феррит - твердый раствор небольшого количества углерода (до 0,04 %) и других примесей в α -железе - мягкая, пластичная и недостаточно прочная структурная составляющая. Относительное удлинение δ равно 30 %, твердость - 50-80 НВ, предел прочности $\sigma_b = 300$ МПа (30 кгс/мм²). Практически это чистое железо. Механические свойства феррита в большой степени зависят от размеров зерен. Феррит обладает магнитными свойствами (до температуры 768 °С).

Цементит - химическое соединение железа с углеродом - карбид железа. Он содержит 93,33 % железа и 6,67 % углерода. Отличается большой твердостью (800 НВ, т. е. в 10 раз тверже феррита) и значительной хрупкостью. Цементит слабо магнитен, а при температурах выше 215 °С - немагнитен. Углерод может проникать в железо двумя способами. Атомы углерода могут занимать в пространственной решетке свободные места между атомами железа. Однако при комнатной температуре в пространственной решетке железа может поместиться всего 0,0001 % углерода. Остальные атомы углерода проникают в железо другим путем - вступают с ним в химическую связь. При этом образуется карбид железа Fe₃C (цементит), состоящий из трех атомов железа и одного атома углерода.

Феррит и цементит являются основными структурными составляющими железоуглеродистых сплавов. Они могут располагаться, например, в структуре стали каждый в отдельности или в виде равномерной механической смеси, которая называется перлитом. Такое название эта смесь получила потому, что шлиф ее при травлении имеет перламутровый отлив. Так как перлит образуется в результате процессов вторичной кристаллизации, его называют эвтектоидом (в отличие от эвтектики). Образование перлита происходит при температуре 727 °С. В нем содержится 0,8 % углерода.

Перлит имеет две разновидности. Если цементит в перлите расположен в виде пластинок, его называют пластинчатым, если же цементит расположен в виде зерен, перлит называют зернистым. Под микроскопом пластинки цементита кажутся блестящими, потому что обладают большой твердостью, хорошо полируются и при травлении кислотами разъедаются меньше, чем мягкий феррит. После травления темные участки перлита в сочетании с ферритом или цементитом. Поскольку перлит состоит из феррита и цементита, его свойства определяются количеством этих составляющих. Содержание феррита в перлите в шесть раз больше, чем цементита. Механические свойства перлита зависят также от формы цементита. У пластинчатого перлита твердость 180-200 НВ, предел прочности $\sigma_b = 800$ МПа (80 кгс/мм²), относительное удлинение $\delta = 10-12$ %. У зернистого перлита прочность и твердость несколько ниже, а пластические свойства выше. Так как перлит содержит α -железо, он обладает

магнитными свойствами.

Если железоуглеродистые сплавы нагреть до определенных температур, произойдет аллотропическое превращение α -железа в γ -железо и образуется структурная составляющая, которая называется аустенитом.

Аустенит - твердый раствор углерода (до 2,14 %) и других примесей в γ -железе. Способность углерода растворяться в железе неодинакова при различных температурах. При температуре 1147 °С и выше в кристаллической решетке γ -железа может раствориться максимальное количество углерода (2,14 %). При температурах ниже 1147 °С растворимость углерода в γ -железе уменьшается, а избыточный углерод выделяется в виде цементита. При 727 °С γ -железо может растворять не более 0,8 % углерода. При этой температуре происходит распад аустенита с образованием перлита. Лишь в некоторых сталях, содержащих большое количество никеля или марганца, структура аустенита может сохраниться и при температурах ниже 727 °С (вплоть до комнатной). Аустенит - мягкая структурная составляющая (хотя и тверже феррита). Его твердость 180 НВ, относительное удлинение $\delta=40+50$ %. Он отличается большой пластичностью, магнитными свойствами не обладает.

В белых чугунах всегда имеется еще одна структурная составляющая — ледебурит. Это эвтектика, т. е. равномерная механическая смесь зерен, аустенита и цементита, получающаяся в процессе кристаллизации. Ледебурит содержит 4,3 % углерода, образуется при температуре 1147 °С. Первоначальная структура его не сохраняется при температурах ниже 727 °С, так как содержащийся в нем аустенит при 727 °С превращается в перлит. При температурах ниже 727 °С (до комнатной) ледебурит - механическая смесь перлита и цементита. Ледебурит отличается большой твердостью (550 НВ) и хрупкостью.

Железоуглеродистые сплавы всегда состоят из двух структурных элементов: мягкого пластичного феррита и твердого цементита, упрочняющего сплав. Эти элементы могут образовать механическую смесь либо находиться в свободном состоянии.

1.1.2 Диаграмма состояния сплавов железо-цементит (Fe-Fe₃C)

Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов (рисунок 1.2) охватывает не все сплавы железа с углеродом, а лишь те, которые содержат до 6,67 % углерода. Железоуглеродистые сплавы, содержащие более 5 % углерода, не представляют практического интереса, 6,67 % углерода взято на том основании, что при таком его количестве образуется химическое соединение Fe₃C (цементит), которое может рассматриваться как самостоятельный компонент сплава. Диаграмма состояния сплавов Fe-Fe₃C разделена на две части: диаграмму углеродистых сталей и диаграмму белых чугунов. Углеродистые стали - это сплавы железа, содержащие до 2,14 % углерода.

Стали имеющие в своем составе до 0,8 % углерода, называются доэвтектоидными, менее 0,8 % углерода - эвтектоидными, свыше 0,8 % до 2,14 % углерода - заэвтектоидными.

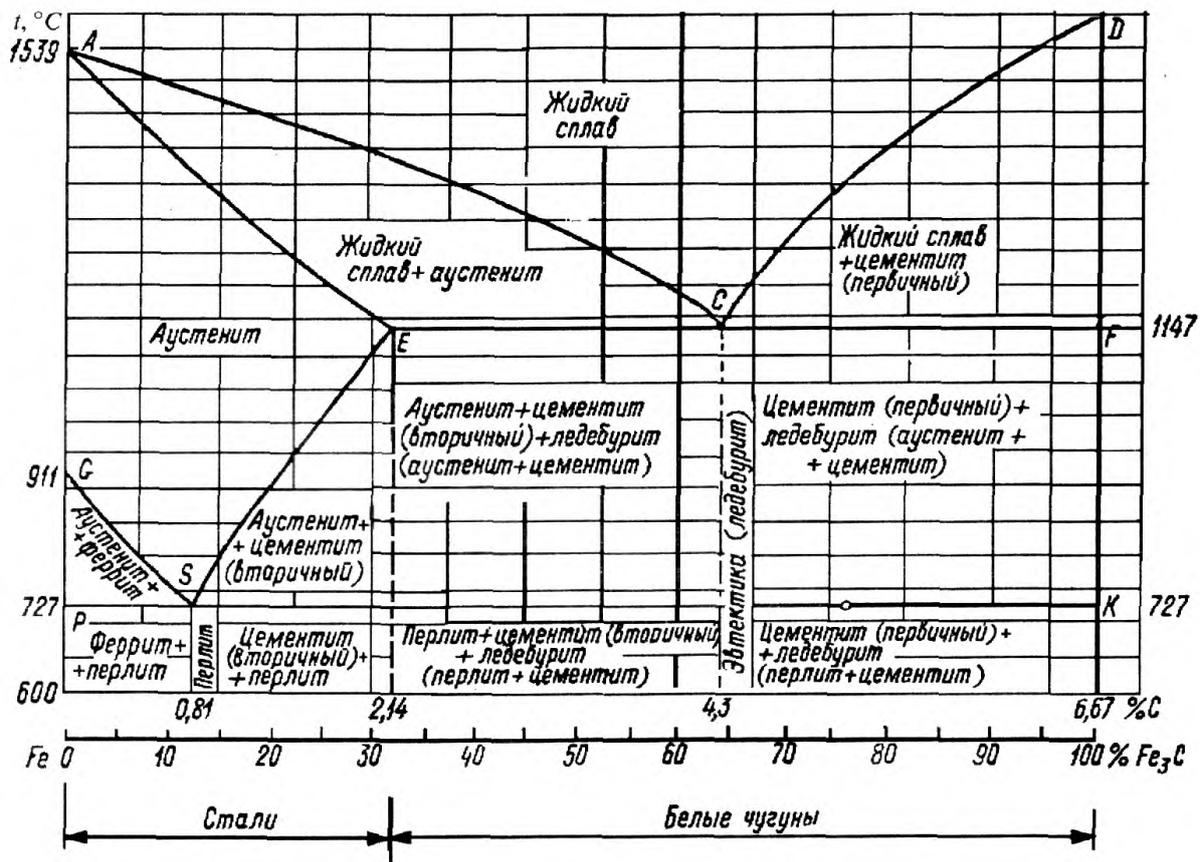


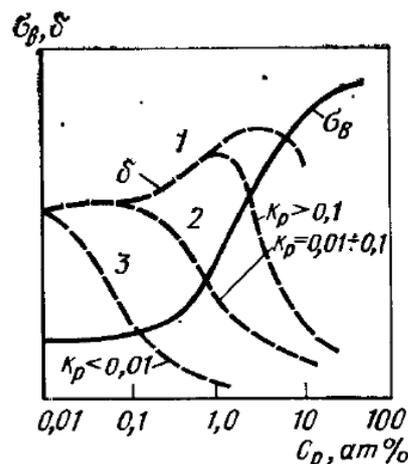
Рисунок 1.2 - Диаграмма состояния сплавов Fe-Fe₃C в упрощенном виде

Белые чугуны - это сплавы железа, содержащие от 2,14 до 6,67 % углерода. При содержании от 2,14 до 4,3 % углерода белые чугуны называются доэвтектическими, при 4,3 % - эвтектическими и свыше 4,3 до 6,67 % - заэвтектическими.

1.1.3 Влияние элементов на структуру и механические свойства сплавов

Большинство литейных сплавов применяется в качестве конструкционных материалов. В связи с этим требования к сплавам по прочности и пластичности приобретают особо важное значение. В настоящее время для упрочнения литейных сплавов используют четыре метода.

Растворное упрочнение возникает при введении в сплав (или базовый компонент) добавок, растворимых в твердом состоянии. Упрочнение объясняется искажением кристаллического строения сплава и торможением вследствие этого движения дислокаций. Упрочнение зависит от степени искажений, и, следовательно, чем больше различие в размерах, электронном строении и свойствах атомов базового компонента и растворенного элемента, тем сильнее эффект упрочнения. Очевидно, что упрочнение зависит также от концентрации компонентов в твердом растворе и возрастает с ее увеличением по плавной кривой (закон Н. С. Курнакова). Пластичность сплавов - твердых растворов замещения сохраняется на достаточно высоком уровне; в ряде случаев она даже повышается и проходит через максимум (рисунок 1.3, кривая 1).



1 - основные легирующие элементы-пластификаторы; 2 - вспомогательные легирующие элементы; 3 - вредные примеси (обобщение данных Б. Б. Гуляева)

Рисунок 1.3 - Изменение прочности и пластичности при легировании сплавов на пределе растворимости C_p

Примеси внедрения упрочняют сплав в значительно большей степени, чем примеси замещения (в расчете на 1 ат. % добавки), но часто вызывают катастрофическое падение пластичности (рисунок 1.3, кривая 3).

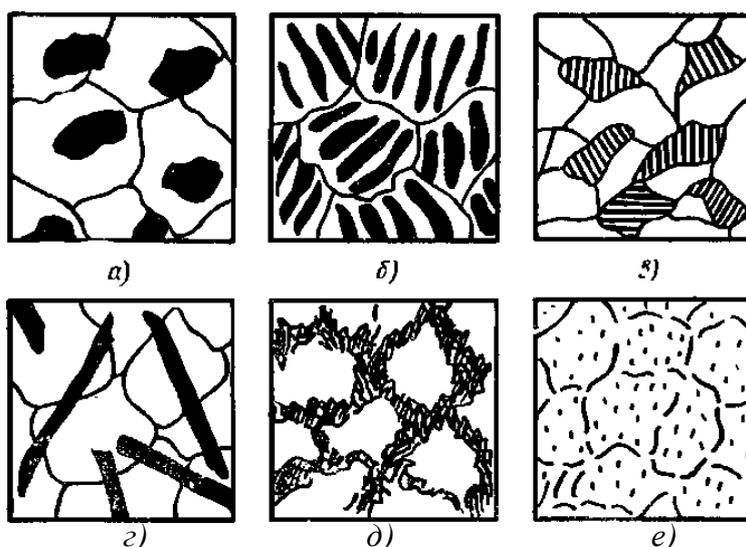
Предельная растворимость C_p зависит приблизительно от тех же факторов, что и упрочнение сплава. Поэтому, минуя все промежуточные расчеты, для ориентировочной оценки интенсивности растворного упрочнения сплава можно использовать непосредственно значение C_p . При этом установлена следующая закономерность: слабо растворимые добавки упрочняют сплав сильнее (в расчете на 1 ат. % добавки), но предельно достижимая прочность ниже, чем при использовании хорошо растворимых добавок, так как последующие могут быть введены в твердый раствор в значительно большем количестве.

Б. Б. Гуляев и его сотрудники построили зависимости $\sigma_b = f(C_p)$ и $\delta = f(C_p)$ для многих промышленно важных металлов, применяемых в качестве базового компонента [9]. Этими зависимостями определяется в основном потенциальная возможность использования того или иного элемента, так как в конкретных сплавах концентрация его может быть и больше, и меньше C_p . При $C_p < < 0,1$ элементы практически не влияют на прочность твердого раствора. Наибольшее возрастание δ отмечается при изменении C_p от 0,8-1,0 до 20-30 %; при очень больших растворимостях каждое новое увеличение концентрации элемента становится все менее эффективным.

По типу кривых $\delta = f(C_p)$ (рисунок 1.3) все элементы, содержащиеся в сплаве, можно условно разбить на три группы: к первой группе относятся элементы, которые при относительно высоких значениях $K_p > 0,1$ и небольшой растворимости ($C_p = 0,1-2$ %) могут повышать пластичность, т. е. являются пластификаторами. Большие концентрации элементов (при $C_p = 5-10$ %) снижают пластичность, но при использовании элементов с $C_p > 10$ % в небольших концентрациях (2-3 %) пластичность сохраняется высокой; ко второй группе относятся элементы, при использовании которых при значениях $K_p = 0,01-0,1$ пластичность начинает монотонно снижаться с увеличением $C_p > 0,1-$

0,5 %; к третьей группе относятся элементы, которые при малых значениях $K_p < 0,01$ и $C_p = 0,01-0,1$ % сильно снижают пластичность и вызывают охрупчивание. Особенно опасны в этом отношении примеси внедрения.

Аддитивное структурное упрочнение возникает при образовании в гомогенной структуре твердого раствора крупных выделений фазы с высокой твердостью - обычно металлидов. Возрастание прочности и твердости подчиняется закону аддитивности, т. е. пропорционально количеству фазы с высокой твердостью. Необходимо различать два типа смесей с различным расположением фаз - матричные (рисунок 1.4, *а*) и слоистые (пакетные) (рисунок 1.4, *б*).



а-в - аддитивное (*а* - матричное, *б* - слоистое («пакетное»), *в* - смешанное);
г - крупными пластинчатыми выделениями; *д* - каркасное;
е - дисперсионное упрочнение (твердение)

Рисунок 1.4 - Структурное упрочнение в литейных сплавах

Слоистые структуры характерны для некоторых эвтектик и эвтектоидных смесей с приблизительно равным объемом обеих фаз. Вследствие торможения пластического сдвига в слоистых структурах упрочнение происходит сильнее, чем в матричных. При эвтектоидных превращениях возможно образование смешанной структуры, когда включения пакетов располагаются в матрице твердого раствора (рисунок 1.4, *в*). Аддитивное упрочнение возникает в сплавах в литом состоянии (без дополнительной термической обработки) при содержании легирующих добавок свыше предельной растворимости C_p . В реальных сплавах оно практически всегда сочетается с растворным, так как матрицей или одной из фаз в эвтектическом зерне является твердый раствор.

Свойства сплавов со структурой типа $\alpha + \beta$ колеблются в широких пределах в зависимости от соотношения количества фаз, их свойств, формы, дисперсности и взаимного расположения. Гомогенные твердые растворы обладают умеренной прочностью и хорошей пластичностью. Компактные матричные структуры при небольшом количестве металлидной фазы сохраняют пластические свойства. Однако, если то же количество металлида располагается в виде длинных пластин

(рисунок 1.4, *з*) или окантовывает границы зерен (рисунок 1.4, *д*), то пластичность резко падает, а аддитивность изменения свойств нарушается. В некоторых сплавах (в свинцовых бронзах и латунях) в структуре содержатся мягкие малопрочные выделения свинца. Они вызывают разупрочнение сплава, приблизительно пропорциональное количеству избыточной фазы.

Каркасное структурное упрочнение возникает при образовании по границам первичных выделений твердого раствора сплошного каркаса из эвтектических выделений твердых и хрупких металлидных фаз (рисунок 1.4, *д*). При комнатной температуре сплавы с подобной структурой обладают умеренными прочностными свойствами и пониженной пластичностью. Но если каркас образуют достаточно тугоплавкие соединения, то прочность сплавов хорошо сохраняется при повышенных температурах. В связи с этим сплавы с каркасной структурой широко используются в качестве жаропрочных литейных сплавов.

Дисперсионное упрочнение (твердение) возникает вследствие образования в твердом растворе дисперсных частиц твердой фазы (рисунок 1.4, *е*). Упрочнение зависит не только от суммарного объема упрочняющей фазы, но и от степени дисперсности частиц, а также от их размещения в твердом растворе (твердые частицы тормозят движение дислокаций и резко затрудняют пластическую деформацию). Выделение дисперсных частиц происходит в результате уменьшения растворимости легирующих элементов в твердом состоянии. В связи с этим наибольший эффект дисперсионного твердения достигается в сплавах с концентрацией легирующего элемента вблизи точки Sr . Упрочняющими фазами обычно являются различные металлиды, образуемые при взаимодействии легирующих элементов с базовым компонентом или между собой. Для дисперсионного твердения необходима специальная термическая обработка: закалка (фиксация пересыщенного твердого раствора) и искусственное старение. Дисперсионное твердение позволяет получить наиболее высокие прочностные свойства в сочетании с удовлетворительной пластичностью. В литейных сплавах дисперсионное твердение обычно сочетается с другими видами упрочнения - с растворным каркасным или аддитивным.

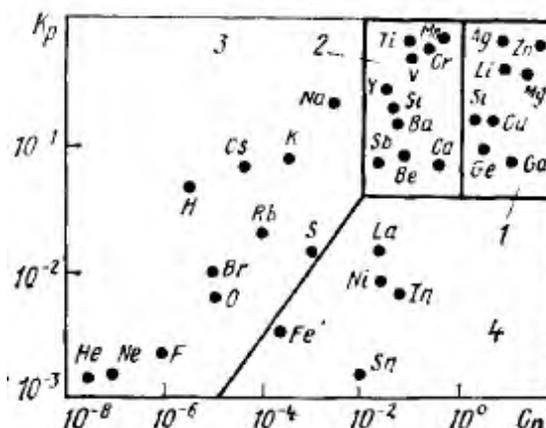
Для общего анализа и классификации влияния различных элементов на основу сплава Б. Б. Гуляев предложил использовать статистические диаграммы отсеивания (рисунок 1.5), каждый элемент обозначается точкой в соответствии со своими значениями Sr и Kr в системе с базовым компонентом.

Все элементы периодической системы по характеру влияния на механические свойства основы сплава можно разбить на четыре группы (пороговые значения Sr и Kr для проведения границ групп устанавливаются по экспериментальным данным):

- 1) основные легирующие элементы - упрочнители, обычно не вызывающие резкого снижения пластичности;
- 2) вспомогательные легирующие элементы - добавки, усиливающие действие основных элементов или частично заменяющие их;
- 3) нейтральные примеси - элементы, имеющие очень низкую растворимость

и не оказывающие заметного влияния на свойства сплава;

4) вредные примеси - элементы, вызывающие охрупчивание сплава.



1 - основные легирующие элементы; 2 - вспомогательные легирующие элементы; 3 - нейтральные примеси и модификаторы; 4 - остальные (в том числе вредные) примеси (по данным Б. Б. Гуляева)

Рисунок 1.5 - Диаграмма отсеивания легирующих элементов для алюминиевых сплавов

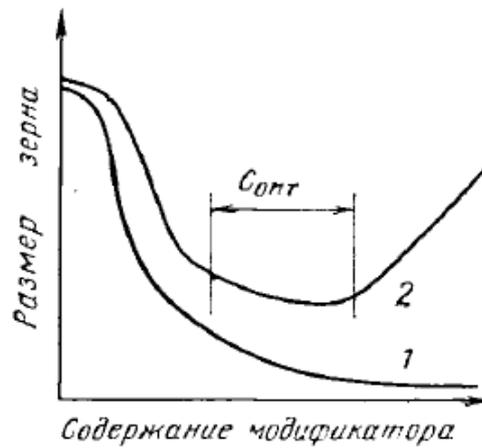
Компоновка легирующего комплекса на основе оценки парных взаимодействий «основа - легирующий элемент» может быть только приближенной, так как компоненты обычно взаимодействуют между собой с образованием сложных металлдных фаз; во многих случаях именно это взаимодействие является решающим при определении набора легирующих элементов. Кроме того, растворное упрочнение проявляется значительно сильнее при совместном введении нескольких растворимых элементов. Поэтому комплексное легирование оказывается более эффективным, чем легирование одной добавкой.

1.1.4 Влияние модифицирования и специальных способов воздействия на структуру и свойства сплавов

Воздействие модификаторов на структуру сплавов имеет много особенностей, связанных с технологическими условиями модифицирования и количеством вводимого модификатора. Различные зависимости размера зерна от концентрации модификатора можно свести к двум основным типам (рисунок 1.6):

1) монотонное измельчение зерна по мере увеличения содержания модификатора; причем при очень малых концентрациях влияние модификатора несущественно, а при концентрациях более 0,2-0,6 % оно стабилизируется;

2) немонотонное, измельчение зерна с областью оптимальной концентрации $C_{\text{опт}}$ (порядка 0,01-0,1 %), превышение которой приводит к увеличению размера зерна.



1-монотонное измельчение зерна; 2 - немонотонное измельчение зерна
 Рисунок 1.6 - Влияние содержания модификатора на величину зерна сплава

Воздействие модификаторов на отдельные структурные составляющие сплава схематически изображено на рисунок 1.7. В сплавах - твердых растворах происходит (рисунок 1.7) измельчение первичного зерна (структура 1, 2); если же в сплаве происходит фазовая перекристаллизация (структуры 1, 3), то измельчается также и вторичное зерно (структуры 1, 2, 4); такая зависимость характерна для углеродистых сталей с ферритно-перлитной структурой.

В сплавах с первичными выделениями и эвтектикой происходит измельчение обеих структурных составляющих (структуры 5, 6): вместо крупнопластинчатой эвтектики (структура 7) образуется тонкопластинчатая с очень короткими пластинами (структура 8). Крупные отдельные структурные составляющие могут сильно измельчаться (структуры 9, 10) либо коагулировать и сфероидизироваться (структуры 9, 11); иногда измельчение и сфероидизация совмещаются. Подобные изменения характерны для структуры серого и высокопрочного чугуна.

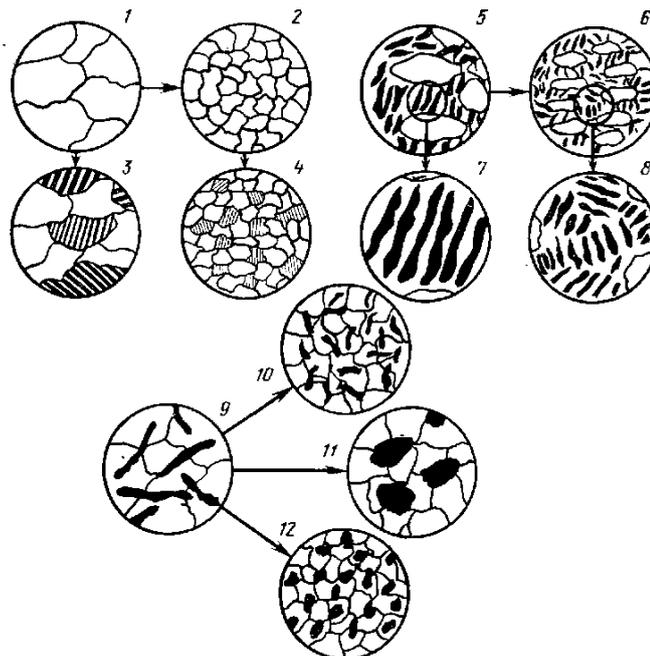


Рисунок 1.7 - Влияние модификаторов на структурные составляющие сплавов

Изменение структуры при модифицировании сплавов приводит к изменению комплекса механических свойств: кроме того, уменьшается загрязненность металла газами, возрастает плотность отливки.

Необходимо подчеркнуть две закономерности: 1) модифицирование особенно сильно влияет на пластичность малопластичных сплавов (за счет измельчения грубых выделений); прочность также повышается, но в меньшей степени; 2) эффект модифицирования усиливается при увеличении скорости охлаждения отливки. Так, в сером чугуна модифицирование позволяет увеличить σ_B от 450 до 550 МПа, а δ от 5 до 13 %; при этом твердость почти не изменяется. В силумине АЛ2 σ_B возрастает от 130 до 180-220 МПа, а пластичность δ от 2 до 10 %. Модифицирование приводит к выравниванию свойств сплава по сечению отливки и поэтому особенно эффективно для крупногабаритных отливок. Например, в немодифицированном сплаве АЛ2 при увеличении диаметра отливки от 15 до 60 мм δ уменьшается с 5,5 до 1,5 % (в 3,5 раза), а σ_B - с 135 до 110 МПа. В модифицированном сплаве это снижение значительно меньше: δ с 15 до 7,5 %, а σ_B с 180 до 160 МПа, причем абсолютные значения свойств существенно выше.

1.2 Пластическая деформация и механические свойства металлов

Под механическими свойствами металла (или другого материала) понимают характеристики, определяющие его поведение под действием приложенных к нему внешних механических сил в виде статической, динамической или знакопеременной нагрузок.

К механическим свойствам относят:

1) Упругость - это свойство материала восстанавливать свою форму после прекращения действия внешних сил, вызывающих деформацию.

2) Пластичность - способность металлов деформироваться без разрушения под действием внешних сил и сохранять новую форму и размеры после прекращения действия сил.

3) Прочность - это способность материала сопротивляться разрушению и появлению остаточных деформаций под действием внешних сил.

4) Твердость - это способность металла сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела.

5) Вязкость - это способность материала поглощать механическую энергию и при этом проявлять значительную пластичность вплоть до разрушения.

6) Хрупкость - это способность материала разрушаться при отсутствии пластической деформации.

7) Технологичность - способность материала подвергаться различным методам горячей и холодной обработки.

Деформацией называется изменение размеров и формы тела под действием приложенных сил. Деформация вызывается внешними силами, приложенными к телу, или происходящими в самом теле физико-механическими процессами (например, изменение объема отдельных кристаллитов при фазовых превращениях или вследствие температурного градиента).

Пластическая деформация в кристаллах может осуществляться скольжением и двойникованием. Скольжение - смещение отдельных частей кристалла - одной части относительно другой происходит под действием касательных напряжений, когда эти напряжения в плоскости и в направлении скольжения достигают определенной критической величины.

Скольжение в кристаллической решетки протекает по плоскостям и направлениям с наиболее плотной упаковкой атомов, где сопротивление сдвигу (τ) наименьшее. Это объясняется тем, что расстояние между соседними атомными плоскостями наибольшее, т.е. связь между ними наименьшая. Чем больше в металле возможных плоскостей и направлений скольжения, тем выше его способность к пластической деформации.

Пластическая деформация поликристаллического металла протекает аналогично деформации монокристалла путем сдвига (скольжения) или двойникования. Формоизменение металла при обработке давлением происходит в результате пластической деформации каждого зерна. При этом следует иметь в виду, что зерна ориентированы неодинаково, поэтому пластическая деформация не может протекать одновременно и одинаково во всем объеме поликристалла.

При больших степенях деформации возникает преимущественная кристаллографическая ориентировка зерен. Закономерная ориентировка кристаллитов относительно внешних деформирующихся сил получила название текстура деформации.

С увеличением степени холодной деформации свойства, характеризующие сопротивление деформации ($\sigma_b, \sigma_{0,1}$ твердость и др.), повышаются, а способность к пластической деформации - пластичность (Ψ и δ) уменьшается. Упрочнение металла в процессе пластической деформации получило название наклепа.

Если к детали приложить большие усилия, то после прекращения их действия она не примет своей первоначальной формы, а останется деформированной. Такая деформация называется пластической. Способность материала деформироваться под действием внешних нагрузок, не разрушаясь, и сохранять измененную форму после прекращения действия усилий называется пластичностью.

Материалы, не способные к пластическим деформациям, называются хрупкими, они при сильном нагружении или под действием удара разрушаются внезапно. К хрупким материалам относятся стекло, камень, чугун, сурьма, закаленная сталь и др. Важным свойством материалов, наряду с упругостью и пластичностью, является прочность. Она характеризуется максимальной нагрузкой, которую выдерживает материал не разрушаясь.

Наибольшее распространение получили следующие виды механических испытаний:

- на растяжение (по ГОСТ 1497-84);
- на ударный изгиб и ударную вязкость (по ГОСТ 9454-78);
- на твердость (по ГОСТ 9012-59, ГОСТ 9013-59, ГОСТ 2999-75 и ГОСТ 9450-76);
- на жаропрочность (по ГОСТ 9651-73).

1.3 Основы технологии термической обработки

Термическая обработка - один из важнейших технологических процессов, используемый во всех отраслях машиностроения.

Термической обработкой называется тепловая обработка металлов и сплавов, при которой происходит изменение их строения, а следовательно, и свойств. Механические свойства стали при этом могут изменяться в очень широком диапазоне. Так твердость стали, содержащей 0,8 % углерода, после такой обработки возрастает от 160 до 600 НВ.

Выделяют следующие основные виды термической обработки:

- 1) отжиг;
 - отжиг I рода (без фазовых превращений);
 - отжиг II рода (с фазовыми превращениями);
- 2) нормализация;
- 3) закалка;
- 4) отпуск;
- 5) химико-термическая обработка (ХТО);
- 6) термомеханическая обработка (ТМО).

Термическая обработка состоит из трех переходов, следующих один за другим:

- 1) нагрев до определенной температуры;
- 2) выдержка при заданной температуре;
- 3) охлаждение с различной скоростью от заданной температуры до комнатной.

Таким образом, процесс термической обработки зависит, прежде всего, от температуры и времени. Следовательно, любой процесс термической обработки можно изобразить в виде графика, на котором по оси ординат указывают температуру, а по оси абсцисс — время (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 - График термической обработки

Регулируя температуру и время, можно осуществлять следующие виды термической обработки стали: отжиг, нормализацию, закалку и отпуск (рисунок 1.9 и 1.10).

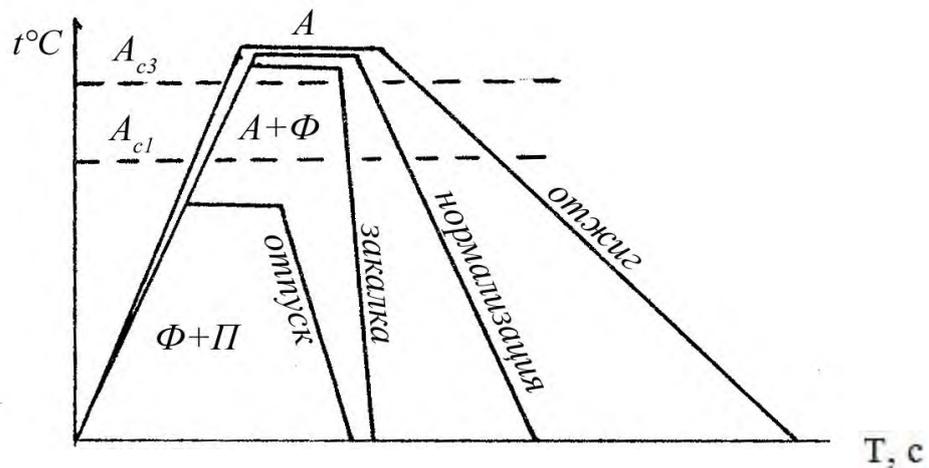


Рисунок 1.9 - Вид термической обработки от времени охлаждения

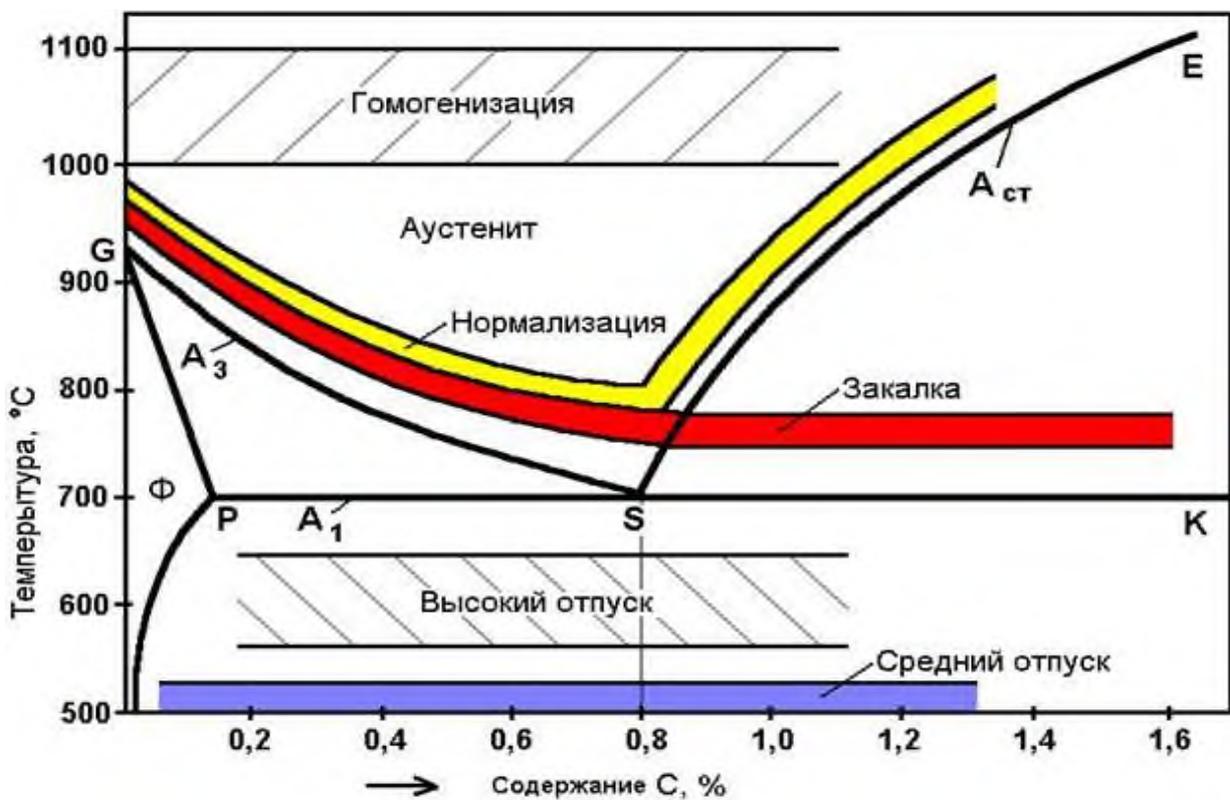


Рисунок 1.10 - Диапазон оптимальных температур нагрева при различных видах термообработки

В исходном состоянии углеродистая сталь может иметь различную структуру в зависимости от содержания углерода: доэвтектоидная - феррит и перлит; эвтектоидная - перлит; заэвтектоидная - перлит и цементит вторичный.

Структуры стали - феррит, перлит и цементит - устойчивы при комнатной температуре (их называют равновесными структурами). Однако они могут значительно изменяться в зависимости от условий нагрева и охлаждения. При определенном режиме тепловой обработки стали можно сохранить структурные составляющие, изменить форму или размеры зерен и таким путем получить зернистый перлит вместо пластинчатого или мелкопластинчатый перлит вместо крупнопластинчатого.

С помощью термической обработки могут быть получены неустойчивые или неравновесные структуры.

Превращения, происходящие в стали при нагреве и охлаждении.

Структура доэвтектоидной стали при нагреве ее до критической точки A_{c1} представляет собой смесь перлита и феррита (рисунок 1.11). В точке A_{c1} начинается фазовая перекристаллизация перлита, т. е. превращение его в мелкозернистый аустенит (рисунок 1.11). При дальнейшем нагреве (от точки A_{c1} до точки A_{c3}) избыточный феррит растворяется в аустените, при достижении точки A_{c3} , (линия GS) этот процесс заканчивается. Выше точки A_{c3} структура стали становится аустенитной.

При нагреве заэвтектоидной стали выше температуры точки A_{c1} в аустените начинает растворяться избыточный цементит. Выше точки A_{cT} (линия ES) сталь состоит только из аустенита, неоднородного по химическому составу. В тех местах, где был цементит, аустенит богаче углеродом, а там, где был феррит, - беднее. Поэтому при термической обработке для выравнивания химического состава аустенита сталь нагревают до температуры, немного выше верхней критической точки A_{c3} , и выдерживают при этой температуре.

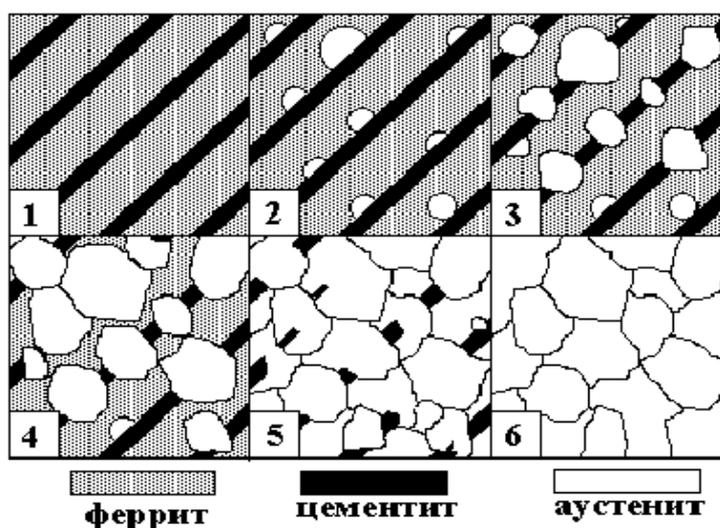


Рисунок 1.11 - Схема превращения перлита в аустенит

При повышении температуры выше точки A_{c3} мелкие зерна аустенита соединяются между собой, размеры их увеличиваются.

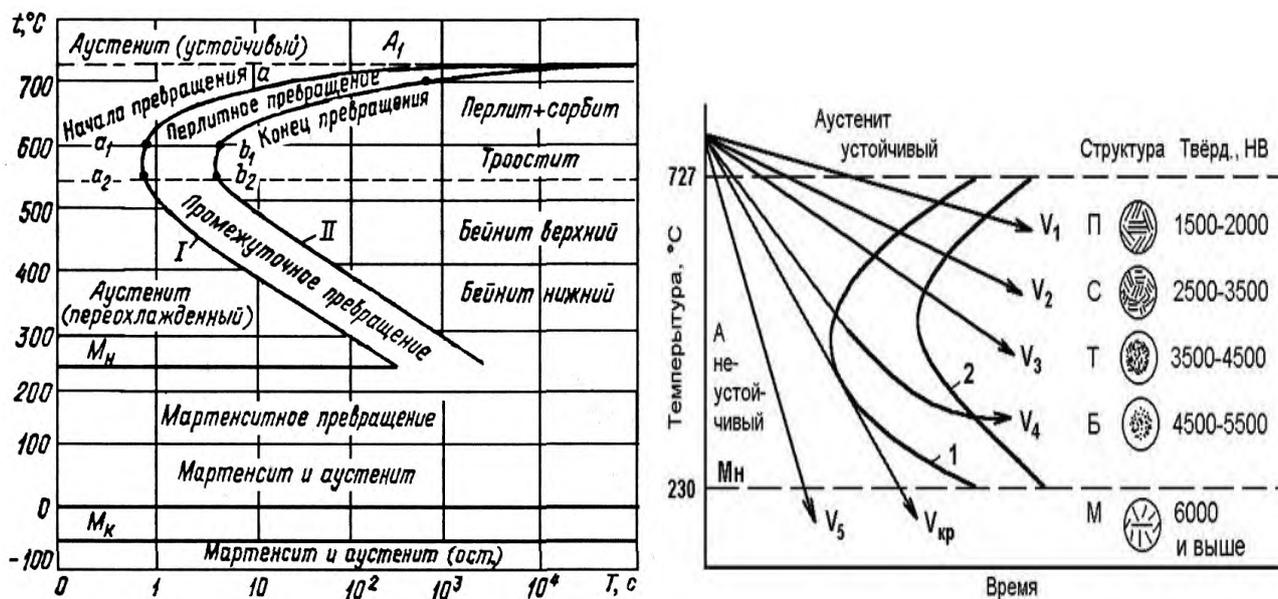
Весьма ответственной характеристикой структуры стали является размер зерна аустенита. При охлаждении стали аустенит испытывает превращения и формирование новой структуры, что существенно зависит от размера зерна аустенита. Чем меньше зерна аустенита, тем меньше будут размеры зерен феррита и перлита, а в закаленных сталях меньше размеры кристаллов мартенсита. Мелкозернистый аустенит способствует улучшению механических свойств стали. Увеличивается сопротивление хрупкому разрушению. Снижается температурный порог хрупкости T_{50} . В закаленных сталях со структурой мартенсита сопротивление хрупкому разрушению увеличивается при уменьшении размеров кристаллов мартенсита. Размер зерна аустенита в сталях может быть от миллиметра до микронов. Его определяют различными спосо-

бами, но в основном металлографическим анализом. ГОСТ 5639-82 регламентирует размеры зерен, которые характеризуются его номером: -3, -2, -1, 0, 1, 2 ... 14. Чем больше номер, тем мельче зерно. Например: средний диаметр зерна номера -3 составляет 1,000 мм, номера 7 - 0,031 мм, номера 14 - 0,0027 мм. Крупными зернами считаются с номерами от -3 до 5, мелкими - с номерами от 6 до 14.

При скорости нагрева в промышленных термических печах начальное зерно аустенита имеет номера 8-10. При нагреве концентрированными потоками энергии (лазер, электронный луч, ТВЧ и др.) начальное зерно получается более мелким - вплоть до номера 14.

Аустенит устойчив только при температурах выше 727 °С (рисунок 1.12, точка A_{r1}). При охлаждении стали, нагретой до аустенитного состояния, ниже точки A_{r1} начинается распад аустенита. Как уже было сказано (см. диаграмму состояния железоуглеродистых сплавов), при медленном охлаждении эвтектоидной углеродистой стали (0,81 % углерода) при температуре, соответствующей линии PSK происходит превращение аустенита в перлит. Кристаллическая решетка γ -железа перестраивается в α -железо, выделяется цементит. Изучение процесса превращения аустенита в перлит проводится при постоянной температуре (в изотермических условиях) и непрерывном охлаждении.

На рисунке 1.12 показана диаграмма изотермического превращения аустенита при постоянной температуре. По оси ординат указана температура, по оси абсцисс - время. Для удобства построения диаграммы время распада обычно дают по логарифмической шкале, так как оно может колебаться в широких пределах - от долей секунды до десятков минут и даже часов.



1 - кривая начала диффузионного распада аустенита; 2 - кривая конца диффузионного распада аустенита; M_n - линия начала мартенситного превращения; $V_{кр}$ - критическая скорость охлаждения

Рисунок 1.12 - Диаграмма изотермического превращения аустенита стали, содержащей 0,8 % углерода

Для изучения изотермического превращения аустенита небольшие образцы стали нагревают до температур, соответствующих существованию стабильного аустенита, т. е. выше критической точки, а затем быстро охлаждают, например до 700, 600, 500, 400, 300 °С и т. д., и выдерживают при этих температурах до полного распада аустенита. Изотермическое превращение аустенита эвтектоидной стали происходит в интервале температур от 727 до 250 °С (температуры начала мартенситного превращения M_n).

На диаграмме видны две С-образные кривые. Кривая I указывает время начала превращения, кривая II - время конца превращения переохлажденного аустенита. Период времени до начала распада аустенита называют инкубационным. При 700 °С превращение аустенита начинается в точке а и заканчивается в точке б, в результате этого процесса образуется перлит (рисунок 1.13, а). При 650 °С распад аустенита происходит между точками a_1 и b_1 . В этом случае образуется сорбит - тонкая (дисперсная) механическая смесь феррита и цементита (рисунок 1.13, б). Сталь, в которой доминирует структура сорбита, имеет твердость 30-40 HRC₃. Такая сталь обладает высокой прочностью и пластичностью.

Устойчивость аустенита в значительной мере зависит от степени переохлаждения. Наименьшую устойчивость аустенит имеет при температурах, близких к 550 °С. Для эвтектоидной стали время устойчивости аустенита при 550-560 °С - около 1 с. По мере удаления от температуры 550 °С устойчивость аустенита возрастает. Время устойчивости при 700 °С составляет 10 с, а при 300 °С - около 1 мин. При охлаждении стали до 550 °С (точки начала и конца распада - a_2 и b_2 соответственно, аустенит превращается в троостит - смесь феррита и цементита, которая отличается от перлита и сорбита высокой степенью дисперсности составляющих и обладает повышенной твердостью (40-45 HRC₃), прочностью, умеренной вязкостью и пластичностью. Ниже температуры 550 °С в результате промежуточного превращения аустенита (в температурном интервале, расположенном ниже перлитного, но выше мартенситного превращения) образуется структура бейнита, состоящая из смеси перенасыщенного углеродом феррита и карбидов (цементита). Различают верхний бейнит перистого строения, появляющийся при 500-350 °С, и нижний (пластинчатого, игольчатого строения), образующийся при 350-250 °С.



а - перлит; б - сорбит; в - троостит

Рисунок 1.13 - Микроструктура стали с различными структурными составляющими ($\times 500$)

Верхний бейнит имеет пониженную прочность, невысокую пластичность и вязкость, твердость его 43-46 HRC₃. У нижнего бейнита показатели прочности, пластичности и вязкости более высокие, твердость 52-55 HRC₃. Превращения аустенита при температурах $A_r=550$ °С называют перлитными, при температурах 550 °С - M_n - промежуточными и при температурах $M_n - M_k$ - мартенситными. Если на диаграмму изотермического распада переохлажденного аустенита нанести кривые охлаждения, то можно проследить превращение аустенита при непрерывном охлаждении.

При медленном охлаждении аустенит превратится в перлит. При большей скорости охлаждения переохлажденный аустенит полностью перейдет в сорбит. При еще больших скоростях охлаждения образуется новая структура - троостит. По мере ускорения охлаждения лучи будут становиться все круче, поэтому превращение аустенита в троостит не закончится. Кроме троостита в структуре стали появится мартенсит. При наибольших скоростях охлаждения образуется только мартенсит, т.е. пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе. При образовании мартенсита происходит перестройка гранцентрированной решетки аустенита в объемно-центрированную решетку α -железа. Избыточное количество углерода, находящегося в α -железе, искажает эту решетку и превращает ее в тетрагональную, в которой отношение параметров c/a не равно единице, как у куба. Степень тетрагональности тем выше, чем больше углерода в стали. Скорость охлаждения, при которой из аустенита образуется только мартенсит, называют критической скоростью закалки. При закалке стали ее охлаждают со скоростью больше критической.

Мартенситное превращение протекает при непрерывном охлаждении аустенита ниже точки M_n . По достижении определенной температуры (точка M_k) превращение аустенита в мартенсит заканчивается. Температуры в точках M_n и M_k зависят от химического состава стали. Углерод и легирующие элементы (за исключением кобальта и алюминия) понижают эти температуры. Мартенсит обладает самой высокой твердостью наряду со значительной хрупкостью. Он имеет пластинчатое строение, но в плоскости микрошлифа пластинки приобретают вид игл, поэтому мартенсит часто называют игольчатым.

У многих сталей температура в точке M_k ниже комнатной, поэтому распад аустенита не заканчивается, если сталь охлаждается только до комнатной температуры. Аустенит, который сохраняется в структуре стали при комнатной температуре, наряду с мартенситом называют остаточным. Закаленные высоколегированные стали содержат остаточный аустенит в больших количествах, а низкоуглеродистые его почти не имеют.

Мартенсит, получаемый при закалке стали, представляет собой неустойчивую структуру, стремящуюся к превращению в более равновесное состояние. Нагрев ускоряет этот переход, так как подвижность атомов при этом сильно возрастает.

1.4 Цветные металлы и сплавы

Ценные свойства цветных металлов обусловили их широкое применение в

различных отраслях современного производства.

Медь обладает высокой электропроводностью и теплопроводностью, прочностью, вязкостью и коррозионной стойкостью. Физические свойства ее обусловлены структурой. Она имеет кубическую гранцентрированную пространственную решетку. Температура плавления ее 1083 °С, кипения - 2360 °С. Средний предел прочности зависит от вида обработки и составляет от 220 до 420 МПа (22-45 кгс/мм²). Относительное удлинение 4-60 %, твердость 35-130 НВ, плотность 8,94 г/см³. При 20 °С удельная теплоемкость равна 0,092 кал/(ч·°С), теплопроводность - 0,94 кал/(с·см·°С). Удельное электрическое сопротивление 0,0178 Ом/(мм²·м), линейная усадка 2,1 %.

Прочность меди увеличивается в 1,5 раза после холодной деформации (наклепа), но при этом относительное удлинение ее снижается до 8-10 %. В зависимости от степени чистоты и состояния поверхности цвет меди изменяется от светло-розового до красного.

Обладая замечательными свойствами, медь в то же время как конструкционный материал не удовлетворяет требованиям машиностроения, поэтому ее легируют - вводят в ее состав металлы: олово, алюминий, никель и др., за счет чего улучшаются ее механические и технологические свойства.

По химическому составу медные сплавы подразделяют на латуни, бронзы и медноникелевые, по технологическому назначению - на деформируемые, используемые для производства полуфабрикатов (проволоки, листа, полос, профиля), и литейные, применяемые для литья изделий.

Алюминий - серебристо-белый пластичный металл. В воздушной среде он быстро покрывается окисной пленкой, которая надежно защищает его от коррозии. Важнейшее свойство алюминия - небольшая плотность (2,7 г/см³), т. е. он в три раза легче железа. Температура плавления 660 °С, теплоемкость 0,222 кал/г, теплопроводность при 20 °С 0,52 кал/(см·с·°С), удельное электрическое сопротивление при 0 °С 0,286 Ом/(мм² · м). Механические свойства алюминия невысоки: сопротивление на разрыв 50-90 МПа (5-9 кгс/мм²), относительное удлинение 25-45 %, твердость 13-28 НВ. Алюминий хорошо сваривается, однако трудно обрабатывается резанием, имеет большую линейную усадку - 1,8 %. Для повышения прочности в алюминий вводят кремний, марганец, медь и другие компоненты.

Исходным материалом для получения алюминиевых сплавов является первичный алюминий (иногда с добавками вторичного - лома). Первичный алюминий нормируется ГОСТ 11069-74. Этот стандарт распространяется на алюминий, изготавливаемый в форме чушек, слитков, катанки и ленты. В зависимости от химического состава первичный алюминий подразделяют на алюминий особой, высокой и технической чистоты его марки:

- особой чистоты - А999;
- высокой чистоты - А995, А99, А97, А95;
- технической чистоты - А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е, А0.

Алюминиевые сплавы подразделяют на литейные и деформируемые. Литейные алюминиевые сплавы в чушках (рафинированные и нерафинированные) предназначены для изготовления фасонного литья и

подшихтовки. Они нормируются ГОСТ 1583-93. Стандарт предусматривает химический состав сплавов, технические требования к ним, правила приемки, методы испытаний, маркировки, упаковки, транспортирования, хранения и определения газовой пористости.

Для получения определенных механических свойств стандарт рекомендует различные режимы термической обработки.

Цинк - металл светло-серо-голубоватого цвета, хрупкий при комнатной температуре и при 200 °С, при нагреве до 100-150 °С становится пластичным. В соответствии с ГОСТ 3640-94 цинк изготавливают и поставляют в виде чушек и блоков массой до 25 кг. Стандарт устанавливает марки цинка и области их применения. Кроме того, на тару или ярлык наносят полосы различного цвета, зависящие от марки цинка:

В промышленности широко применяют цинковые сплавы: латуни, цинковые бронзы, сплавы для покрытия стальных изделий, изготовления гальванических элементов, типографские и др.

Цинковые сплавы в чушках для литья под давлением нормируются ГОСТ 19424 - 74. Эти сплавы используют в автомобиле- и приборостроении и других отраслях промышленности.

Магний - пластичный металл серебристо-белого цвета. Это один из наиболее легких цветных металлов, его плотность составляет 1,74 г/см³. Температура плавления магния 651 °С. Он имеет компактную гексагональную кристаллическую решетку. ГОСТ 804-93 предусматривает три марки первичного магния: МГ98, МГ95 (Mg99,95), МГ90 (Mg99,9). Массовая доля примесей в каждом из этих металлов соответственно составляет: 0,04, 0,05 и 0,1 %. Цифра после запятой обозначает содержание магния в процентах.

По технологии изготовления изделий магниевые сплавы разделяются на литейные МЛ и деформируемые МА.

В литых магниевых сплавах повышения механических свойств добиваются измельчением зерна модифицированием добавками мела или магнезита. При литье в песчаные формы в смесь вводят специальные добавки (фториды алюминия) для уменьшения окисления магния.

Среди литейных магниевых сплавов широкое применение имеют сплавы МЛ5, МЛ6, МЛ 10, МЛ 12 и др.

Деформируемые магниевые сплавы обозначаются МА1, МА2, МА8 и др. Среди деформируемых сплавов наибольшей прочностью обладают сплавы систем «Mg - Al», «Mg - Mn», «Mg - Zn», легированные цирконием, кадмием, серебром, редкоземельными металлами.

Титан - металл серебристо-белого цвета. Это - один из наиболее распространенных в природе элементов. Среди других элементов по распространенности в земной коре (0,61 %) он занимает десятое место. Титан легкий (плотность его 4,5 г/см³), тугоплавок (температура плавления 1665 °С), весьма прочен и пластичен.

Для изготовления полуфабрикатов предназначены титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением (ГОСТ 19807-91). В зависимости от химического состава стандарт предусматривает следующие марки: ВТ1-00, ВТ1-

0, ОТ4-0, ОТ4-1, ОТ4, ВТ1-2, ВТ5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ6с, ВТ3-1, ВТ8, ВТ9, ВТ14, ВТ20, ВТ22, ПТ-7М, ПТ-3В, АТ3.

Основные компоненты сплавов: алюминий - 0,2-0,7 %, марганец - 0,2-2 %, молибден - 0,5-5,5 %, ванадий - 0,8-5,5 %, цирконий - 0,8-3 %, хром - 0,5-2,3 %, олово - 2-3 %, кремний - 0,15-0,40 %, железо - 0,2-15 %. Примесями являются: углерод - до 0,1 %, железо - до 0,30 %, кремний - до 0,15 %, цирконий - до 0,3 %, кислород - до 0,2 %, азот - до 0,05 %, водород - до 0,015 %. Железо, кремний и цирконий в зависимости от марки сплава могут быть основными компонентами или примесями.

1.5 Неметаллические материалы

Неметаллические материалы находят все возрастающее применение в различных отраслях техники. Достаточные прочность, жесткость, эластичность при низкой плотности, химическая стойкость во многих агрессивных средах, уровень диэлектрических свойств при их технологичности делают неметаллические материалы незаменимыми.

По происхождению неметаллические материалы подразделяют на природные, искусственные и синтетические.

К природным относятся такие органические материалы, как натуральный каучук, древесина, смолы (янтарь, канифоль), хлопок, шерсть, лен и др. Неорганические природные материалы включают графит, асбест, слюду и некоторые горные породы.

Искусственные органические материалы получают из природных полимерных продуктов (вискозное волокно, целлофан, сложные и простые эфиры, целлюлозы).

Синтетические материалы получают из простых низкомолекулярных соединений.

Полимерами называют вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных повторяющихся элементарных звеньев, представляющих собой одинаковую группу атомов. Молекулярная масса таких молекул составляет от 500 до 1 000 000. В молекулах полимеров различают главную цепь, построенную из большого числа атомов. Боковые цепи имеют значительно меньшую протяженность.

В боковых цепях заместителями атома водорода могут быть химические радикалы - CH_3 , - C_3H_7 , - C_6H_5 или функциональные группы - COOH , - OH , - NH_2 и др.

Пластмассы (пластики) представляют собой органические материалы на основе полимеров, способные при нагреве размягчаться и под давлением принимать определенную устойчивую форму. Простые пластмассы состоят из одних химических полимеров. Сложные пластмассы помимо полимеров включают добавки: наполнители, пластификаторы, красители, отвердители, катализаторы и др.

Наполнители в пластмассы вводят в количестве 40-70 % для повышения твердости, прочности, жесткости, а также придания особых специфических

свойств, например фрикционных, антифрикционных и др. Наполнителями могут быть ткани, а также порошкообразные и волокнистые вещества.

Основу термопластичных пластмасс составляют полимеры с линейной и разветвленной структурой. Помимо основы они иногда содержат пластификаторы. Термопласты способны работать при температурах не выше 60-70 °С, поскольку выше этих температур их физико-механические свойства резко снижаются. Некоторые теплостойкие пластмассы способны работать при 150-200 °С, а термостойкие полимеры с жесткими цепями и циклической структурой устойчивы до 400-600 °С.

Термореактивные пластмассы производят на основе термореактивных смол: фенолформальдегидных, аминокальциевых, эпоксидных, полиамидных, кремнийорганических, ненасыщенных полиэфиров. Пластмассы на основе этих смол отличаются повышенной прочностью, не склонны к ползучести и способны работать при повышенных температурах. Смолы в пластмассах являются связкой и должны обладать высокой клеящей способностью, теплостойкостью, химической стойкостью в агрессивных средах, электроизоляционными свойствами, доступной технологией переработки, малой усадкой при затвердевании.

Резины - пластмассы с редкосетчатой структурой, в которых связующим выступает полимер, находящийся в высокопластическом состоянии. В резинах связующим являются натуральные (НК) или синтетические (СК) каучуки. Каучукам присуща высокая пластичность, обусловленная особенностями строения их молекул. Линейные и слаборазветвленные молекулы каучуков имеют зигзагообразную или спиралевидную конфигурацию и отличаются большой гибкостью. Чистый каучук ползет при комнатной температуре и особенно при повышенной, хорошо растворяется в органических растворителях. Такой каучук не может использоваться в готовых изделиях. Для повышения упругих и других физико-механических свойств в каучуке формируют редкосетчатую молекулярную структуру. Это осуществляют вулканизацией - путем введения в каучук химических веществ - вулканизаторов, образующих поперечные химические связи между звеньями макромолекул каучука. В зависимости от числа возникших при вулканизации поперечных связей получают резины различной твердости - мягкие, средней твердости, твердые.

2 Требования к оформлению контрольной работы/домашнего задания

Контрольная работа/домашнее задание оформляется в соответствии с действующими в НФ НИТУ «МИСиС» правилами оформления пояснительной записки выпускной квалификационной работы, находящимися в свободном доступе по адресу: http://nf.misis.ru/download/gisen/Oformlenie_VKR.pdf.

Курс дисциплин «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов» разбит на два семестра. Поэтому данными методическими указаниями предусмотрено две контрольные работы / два домашних задания.

Контрольная работа / домашнее задание № 1 выполняется студентами при изучение первой части дисциплины, а контрольная работа/домашнее задание № 1 при изучение второй части дисциплины.

Номер варианта контрольной работы определяется по списку студентов группы, составленного деканатом. После этого следует внимательно ознакомиться с заданиями, содержащимися в данном варианте контрольной работы / домашнего задания.

Каждый вариант контрольной работы по дисциплинам «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов» содержит 5 заданий, относящихся к основным темам изучаемой дисциплины.

Для описания структурных превращений в соответствии с заданием студенты могут пользоваться диаграммами, приведенными в приложении или пользоваться источниками рекомендованной литературы.

Оформление работы начинается с титульного листа, который должен содержать название вуза, кафедры, номер варианта контрольной работы, а также фамилию студента и преподавателя.

Оформление заголовков, списка использованных источников и таблиц показано в тексте данных методических указаний. Контрольная работа/домашнее задание должна состоять из следующих частей: титульный лист, содержание, ответы на вопросы в соответствии с вариантом задания и список использованных источников.

3 Задания на контрольную работу/домашнее задание № 1

Вариант 1.

1 Опишите на графике, что такое переохлаждение и как оно влияет на структуру кристаллизующегося металла.

2 Опишите явление полиморфизма применительно к железу, а также строение и основные характеристики кристаллической решетки (параметры, координационное число, плотность упаковки) для различных модификаций железа.

3 Вычертите диаграмму состояния олово - цинк. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

4 Какой термообработкой можно восстановить пластические свойства холоднодеформированной стали 10? Укажите режим выбранной термообработки.

5 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,8 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1300 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

Вариант 2.

1 Опишите явление полиморфизма в приложении к титану, а также строение и основные характеристики кристаллической решетки (параметры, координационное число, плотность упаковки) для различных модификаций железа.

2 Вычертите диаграмму состояния свинец-олово. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите влияние скорости охлаждения на величину зерна после кристаллизации.

4 Объясните влияние модификаторов первой группы на строение литого металла.

5 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 2,8 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

Вариант 3.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки никеля (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния медь - серебро. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер

изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Объясните влияние модификаторов второй группы (поверхностно-активных веществ) на строение литого металла.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 0,5 % С.

Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите физическую сущность процесса кристаллизации.

Вариант 4.

1 Объясните механизм влияния различных модификаторов на строение литого слитка.

2 Вычертите диаграмму состояния медь-свинец. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Каковы условия хрупкого и вязкого разрушения. Влияние температуры испытания и скорости нагружения.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 2,1 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите влияние реальной среды на протекании процесса кристаллизации.

Вариант 5.

1 Опишите явление полиморфизма в приложении к олову, а также строение и основные характеристики кристаллической решетки (параметры, координационное число, плотность упаковки) для различных модификаций железа.

2 Вычертите диаграмму состояния свинец-магний. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите точечные несовершенства кристаллического строения и их влияние на свойства металлов.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 0,3 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Объясните влияние модификаторов первой группы (дисперсно -

тугоплавких частиц) на строение литого металла.

Вариант 6.

1 Опишите магнитное превращение в металлах. Приведите примеры.

2 Вычертите диаграмму состояния системы сурьма-висмут. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Как изменяются структура и свойства металла при горячей пластической деформации.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 2,4 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите физическую сущность процесса кристаллизации.

Вариант 7.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки цинка (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния медь - серебро. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации металлов и почему?

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 2,3 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1300 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки ниобия (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 8.

1 Что такое твердый раствор? Виды твердых растворов (приведите примеры).

2 Вычертите диаграмму состояния магний - германий. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Как и почему изменяются механические и физические свойства после холодной пластической деформации.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 4,3 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Объясните влияние модификаторов второй группы (поверхностно-активных веществ) на строение литого металла.

Вариант 9.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки свинца (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния магний - кальций. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите физическую сущность напряжений второго рода.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 3,3 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1300 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Постройте с применением правила фаз кривую нагревания для алюминия.

Вариант 10.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки золота (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния алюминий - медь. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите физическую сущность напряжений первого рода.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 5,4 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Как влияет скорость охлаждения на строение кристаллизующегося металла.

Вариант 11.

1 Опишите условия получения мелкозернистой структуры при самопроизвольно развивающейся кристаллизации.

2 Вычертите диаграмму состояния медь - мышьяк. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 В чем различие между упругой и пластической деформацией?

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,4 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите физическую сущность процесса плавления.

Вариант 12.

1 Постройте с применением правила фаз кривую нагревания для свинца.

2 Вычертите диаграмму состояния магний - кальций. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Как изменяется блочная (мозаичная) структура при нагреве предварительно деформированного металла? В чем сущность процесса полигонизации.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,2 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите явление полиморфизма в приложении к железу.

Вариант 13.

1 Опишите явление полиморфизма в приложении к титану, а также строение и основные характеристики кристаллической решетки (параметры, координационное число, плотность упаковки) для различных модификаций железа.

2 Вычертите диаграмму состояния магний - германий. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите виды несовершенств кристаллического строения и их влияние на свойства металла.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 2,9 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Охарактеризуйте особенности металлического типа связи.

Вариант 14.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки вольфрама (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния олово - цинк. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Что такое блочная мозаичная структура и как она изменяется в процессе холодной пластической деформации.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с

применением правила фаз) для сплава содержащего 1,9 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1300 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Что такое ликвация? Виды ликвации и причины ее возникновения.

Вариант 15.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки молибдена (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния кадмий - цинк. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Для чего применяется отжиг в процессе изготовления холоднокатаной стальной ленты? Как называется такой вид отжига?

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 0,5 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите явление транскристаллизации и его влияние на свойства слитка.

Вариант 16.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки бериллия (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния медь-никель. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Для каких практических целей применяется наклеп и почему?

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 3,8 % С. Для заданного сплава определите процентное содержание углерода в фазах при температуре 900 °С.

5 Объясните, как влияет степень пластической деформации на процесс рекристаллизации и величину зерна.

Вариант 17.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки ванадия (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния алюминий - германий. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните

характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Объясните природу хрупкого разрушения металлов и факторы, способствующие переходу металла в хрупкое состояние.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 3,4 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1200 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение реального слитка и явление транскристаллизации.

Вариант 18.

1 Чем можно объяснить электро и теплопроводность металлов.

2 Вычертите диаграмму состояния медь - мышьяк. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Как изменяются эксплуатационные характеристики деталей после поверхностного наклепа (дробеструйной обработки) и почему?

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 0,7 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки тантала (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 19.

1 Постройте с применением правила фаз кривую нагревания для железа.

2 Вычертите диаграмму состояния свинец - сурьма. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите сущность процесса собирательной рекристаллизации.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 2,4 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите условия получения мелкозернистой структуры при самопроизвольно развивающейся кристаллизации.

Вариант 20.

1 Опишите условия образования неограниченных твердых растворов.

2 Вычертите диаграмму состояния свинец – магний. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите линейные несовершенства кристаллического строения и их влияние на свойства металлов.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и

постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,4 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите сущность и назначение процесса модифицирования.

Вариант 21.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки меди (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния магний - германий. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Какие процессы происходят при горячей пластической деформации и как изменяются строения и свойства металлов.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и построьте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 4,9 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1200 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите сущность и назначение процесса легирования.

Вариант 22.

1 Опишите явление полиморфизма в приложении к кобальту, а также строение и основные характеристики кристаллической решетки(параметры, координационное число, плотность упаковки) для различных модификаций железа.

2 Вычертите диаграмму состояния свинец - олово. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Что такое критическая степень деформации.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 5,5 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Дислокации и их влияние на механические свойства металлов.

Вариант 23.

1 Опишите явление полиморфизма в приложении к титану, а также строение и основные характеристики кристаллической решетки(параметры, координационное число, плотность упаковки) для различных модификаций железа.

2 Вычертите диаграмму состояния свинец - сурьма. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните

характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Как влияет изменение структуры на свойства деформированного металла? В чем сущность и каково практическое применение наклепа.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 2,8 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки хрома (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 24.

1 Опишите условия получения крупнозернистой структуры при самопроизвольно развивающейся кристаллизации.

2 Вычертите диаграмму состояния алюминий - медь. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Как изменяется строение и свойства при нагреве предварительно деформированного металла?

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 3,7 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки алюминия (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 25.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки магния (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния медь - серебро. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Какая температура разделяет районы холодной и горячей пластической деформации и почему?.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагревания в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 3,6 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1200 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки никель (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 26.

1 Опишите сущность эвтектической кристаллизации и структуру любого эвтектического сплава.

2 Вычертите диаграмму состояния свинец-олово. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Как изменяется строение и свойства в процессе отжига(возврата) предварительно деформированного металла?

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 2,5 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1250 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки кобальта (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 27.

1 Опишите явление полиморфизма в приложении к цирконию, а также строение и основные характеристики кристаллической решетки(параметры, координационное число, плотность упаковки) для различных модификаций железа.

2 Вычертите диаграмму состояния магний - кальций. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Объясните различие между холодной и горячей пластической деформацией.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,6 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки сурьмы (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 28.

1 Как влияет модифицирование на строение и свойства литого металла? Объясните причины воздействия.

2 Вычертите диаграмму состояния алюминий - кремний. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите виды несовершенств кристаллического строения и их влияние на свойства металлов.

4 Вычертите диаграмму железо - цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,5 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и

определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки олова (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 29.

1 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки алюминия (параметры, координационное число, плотность упаковки).

2 Вычертите диаграмму состояния олово-цинк. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Что происходит с металлом под действием касательных напряжений?

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,6 % С. Для заданного сплава определите при температуре 1350 °С: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки магния (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Вариант 30.

1 Опишите основные типы химической связи.

2 Вычертите диаграмму состояния алюминий - кремний. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состоянии, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы состояния и объясните характер изменения свойств сплавов в данной системе.

3 Опишите механизм упругой и пластической деформации реального (поликристаллического) металла.

4 Вычертите диаграмму железо – цементит, укажите превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до 1600 °С (с применением правила фаз) для сплава содержащего 0,1 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

5 Опишите строение и основные характеристики кристаллической решетки титана (параметры, координационное число, плотность упаковки).

4 Задания на контрольную работу/домашнее задание № 2

Вариант 1.

1 Опишите процесс жидкостного высокотемпературного цианирования и оптимальную последующую термическую обработку.

2 Молотовые штампы изготавливают из стали 15ХНМ:

- расшифруйте состав, структуру и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- обоснуйте и назначьте режим термической обработки, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 В турбостроении используется сталь 8Х13Н8Г8МФБ:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объяснив влияние легирующих элементов на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки:

- объясните, как влияет температура эксплуатации на механические свойства данной стали?

4 Для отливок сложной конфигурации используют бронзу марки БрОФ7-0,3:

- расшифруйте состав и опишите структуру сплава;

- укажите термообработку, применяемую для снятия внутренних напряжений, возникающих в результате литья;

- опишите механические свойства этой бронзы.

5 Назовите полимеры органического и неорганического состава. Опишите старение полимерных материалов и пути повышения их надежности.

Вариант 2.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) рессор из стали 70, которые должны иметь твердость HRC от 45 до 50. Опишите их микроструктуру и свойства.

2 Для изготовления фрез выбрана сталь Р6М5:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 В турбостроении используется сталь 4Х12Н8Г8МФБ

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;

- назначьте режим термической обработки и обоснуйте его, опишите структуру после термической обработки;

- как влияет температура эксплуатации на механические свойства данной

стали?

4 В качестве материала для вкладышей ответственных подшипников скольжения выбран баббитовый сплав Б83:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению?

- зарисуйте и опишите микроструктуру сплава;

- укажите основные требования, предъявляемые к баббитам.

5 Физические основы сварки пластмасс. Опишите методы сварки с непосредственным нагревом, их преимущества и недостатки.

Вариант 3.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) шпинделей для станков из стали ВСт6, которые должны иметь твердость HRC от 40 до 45. Опишите микроструктуру и свойства изделий.

2 В результате термической обработки червяки должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для их изготовления выбрана сталь 12ХН3А:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и химико-термической обработки приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для деталей щеки барабанов, шары дробильных мельниц выбрана сталь 110Г13Л:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объяснив влияние легирующих элементов на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали;

- опишите микроструктуру и свойства стали и причину ее высокой износостойкости.

4 Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяется латунь Л68:

- расшифруйте состав и опишите структуру сплава;

- назначьте режим термообработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки и обоснуйте его выбор;

- опишите механические свойства этой бронзы.

5 Опишите антифрикционные покрытия металлов полимерами. Приведите характеристику их свойств и условия применения.

Вариант 4.

1 Плашки из стали У11А закалены, первая от температуры 760°C, вторая 850°C. Используя диаграмму состояния железо – цементит объясните, какая из этих плашек закалена правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

2 Кулачки должны иметь минимальную деформацию и высокую износостойчивость(твердость поверхностного слоя HV750..1000) для их изготовления выбрана сталь 37ХМФА:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и химико-термической обработки приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для реостатных элементов сопротивления выбран сплав никелин:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- опишите структуру и электротехнические характеристики никелина;

4 Кратко изложите основы теории термической обработки алюминиевых сплавов в применении к промышленному сплаву дюралюмин. Укажите состав упрочняющих фаз, образующихся при старении дюралюмина.

5 Органическое стекло. Опишите его свойства и область применения в машиностроении.

Вариант 5.

1 Назначьте режим термической обработки шестерен из стали 20 с твердостью зуба равной HRC от 58 до 62. Опишите микроструктуру и свойства поверхности зуба и сердцевины шестерни после термической обработки.

2 В результате термической обработки пружины должны получить высокую упругость. Для их изготовления выбрана сталь 60С2А:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для деталей точных приборов выбран сплав элинвар:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причину выбора данного сплава.

4 Назначьте марку алюминиевой бронзы для изготовления мелких ответственных деталей (втулок, фланцев и т.д.):

- расшифруйте состав;

- опишите структуру, используя диаграмму состояния медь-алюминий и основные свойства бронзы.

5 Корундовая керамика. Опишите ее основные свойства и область применения.

Вариант 6.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки,

охлаждающую среду, и температуру отпуска) пружин из стали 85. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

2 Для изготовления обрезных штампов выбрана сталь X12M:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для реостатных элементов сопротивления выбран сплав манганин:

- расшифруйте состав сплава и укажите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- опишите микроструктуру и электрические характеристики этого сплава.

4 Опишите фрикционные металлокерамические материалы. Укажите состав, свойства и область применения в машиностроении.

5 Стекловолокнит СВМ. Опишите его свойства, способ получения, способ изготовления деталей и области применения.

Вариант 7.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) стяжных болтов из стали ВСт6, которые должны иметь твердость НВ от 207 до 230. Опишите микроструктуру и свойства изделий.

2 Для их изготовления разверток выбрана сталь ХВГ;

-расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

-назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

-опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для трубопроводов пароперегревателей используется сталь 10Х14Н16Б:

-расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;

-назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объяснив влияние легирующих элементов на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали;

-опишите влияние температуры на механические свойства этой стали.

4 Для изготовления токопроводящих упругих элементов выбрана бронза БрБНТ1.7. Приведите химический состав сплава, режим термической обработки и полученные механические свойства материала. Опишите процессы, происходящие при термической обработке и объясните природу упрочнения в соответствии с диаграммой медь – бериллий.

5 Опишите термопластичные и термореактивные полимеры и укажите различие между ними.

Вариант 8.

1 В результате термической обработки детали машин должны иметь

твердый износоустойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине Для изготовления выбрана сталь 15ХФ:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической и химико-термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

2 Для изготовления молотовых штампов выбрана сталь 5ХНСВ:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру, свойства и требования предъявляемые к штампам для горячего деформирования.

3 Для изготовления деталей для точных механизмов применяется сплав инвар Н36:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного состава сплава в связи с аномалией изменения термического коэффициента расширения.

4 Металлокерамические жаропрочные сплавы. Состав, свойства и область применения.

5 Опишите неметаллические материалы, применяемые в машиностроении (стекло, кварц и т.п.).

Вариант 9.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) штампов холодной штамповки из стали У10. Приведите его обоснование и опишите микроструктуру и свойства изделий. Объясните, почему из данной стали можно изготовить детали только небольшого сечения ?

2 Копиры должны минимальную деформацию и высокую износоустойчивость (твердость поверхностного слоя HV от 750 до 1000). Для их изготовления выбрана сталь 38ХМЮА;

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и химико-термической обработки приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления силовых лопаток авиационных газовых турбин выбран сплав ХН77ТЮ:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению;
- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование;
- опишите влияние температуры на характеристики жаропрочности этого сплава в сравнении с жаропрочными сталями.

4 Для деталей арматуры применяется бронза БрОЦС4-4-2,5:

- расшифруйте состав и опишите структуру сплава;
- объясните назначение легирующих элементов приведите механические свойства этой бронзы.

5 Приведите характеристики механических и технологических свойств стекловолоконитов и стеклотекстолитов. Укажите их области применения.

Вариант 10.

1 Выберите марку чугуна для изготовления ответственных деталей машин. Укажите состав, обработку, структуру и основные механические свойства. Изобразите графически его микроструктуру.

2 В результате термической обработки червяки должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцеvine. Для их изготовления выбрана сталь 18Х2Н4ВА:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;
- назначьте режим термической обработки, и химико-термической обработки приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;
- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления постоянных магнитов сечением 50Х50 выбран сплав ЕХЗ:

- расшифруйте состав и укажите к какой группе относится данный сплав по назначению;
- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование;
- укажите, почему в данном случае нельзя применять углеродистую сталь У12.

4 Для изготовления деталей самолета выбран сплав АМц:

- расшифруйте состав сплава и структуру данного сплава;
- назначьте режим термообработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки и обоснуйте его выбор;
- опишите механические свойства этого сплава.

5 Опишите подробно: состав, строение и область применения пластмасс.

Вариант 11.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) шпинделей для станков из стали 45 которые должны иметь твердость HRC от 40 до 45. Опишите сущность происходящих при термической обработке превращений, микроструктуру и

свойства.

2 В результате термической обработки поршневые пальцы должны получить твердый износостойкий поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для их изготовления выбрана сталь 18ХГТ:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и химико-термической обработки приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Объясните природу жаропрочности сплавов на никелевой основе в связи с их составом, термической обработкой и получаемой структурой. Приведите примеры этих сплавов и укажите область применения.

4 Для изготовления деталей запорной арматуры выбрана бронза БрОФ10- 1:

- расшифруйте состав и опишите структуру сплава;

- объясните назначение легирующих элементов;

- опишите механические свойства этой бронзы.

5 Полиэтилен высокого и низкого давления. Опишите его свойства и область применения в машиностроении.

Вариант 12.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) гладких и резьбовых калибров из стали У12А. Опишите сущность происходящих превращений микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2 В результате термической обработки рычаги должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость НРС от 28 до 35). Для их изготовления выбрана сталь 35ХМА:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 В котлостроении используется сталь 12Х1МФ:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объяснив влияние легирующих элементов на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали.

- как влияет температура эксплуатации на механические свойства данной стали?

4 Для изготовления деталей в авиастроении применяется сплав МЛ4:

- расшифруйте состав сплава;

- укажите способ изготовления деталей из данного сплава;

- опишите механические свойства этого сплава.

5 Дайте классификацию защитных полимерных покрытий по назначению. Основные требования предъявляемые к ним, область их применения в машиностроении.

Вариант 13.

1 Изделия из стали 45 подвергают улучшению. Назначьте режим термической обработки. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и свойства стали.

2 Для их изготовления прошивных пуансонов выбрана сталь Р6М5:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Назначьте марку нержавеющей стали для изготовления деталей, работающих в среде уксусной кислоты при температуре до 40°C. Приведите состав стали, обходимую термическую обработку и получаемую микроструктуру. Объясните, как обеспечивается коррозионная стойкость материала и роль каждого легирующего элемента.

4 В качестве материала для ответственных подшипников скольжения выбран сплав БрС30:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплавам этой группы.

5 Опишите релаксационные процессы полимеров и их физическое строение.

Вариант 14.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) напильников из стали У12А. Опишите сущность происходящих превращений микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2 Для изготовления деталей штампов выбрана сталь 6ХС:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Выберите марку нержавеющей стали для изготовления деталей, работающих в среде средней агрессивности (растворы солей). Приведите состав стали, обходимую термическую обработку и получаемую микроструктуру.

Объясните физическую природу коррозионной устойчивости материала и роль каждого легирующего элемента.

4 Для изготовления деталей самолета выбран сплав Д1:

- расшифруйте состав сплава;

- опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава и природу упрочнения;

- опишите характеристики механических свойств этого сплава.

5 Текстолиды. Влияние хлопчатобумажной, стеклянной и асбестовой тканей на свойства пластмасс. Укажите область применения текстолидов.

Вариант 15.

1 Детали машин из стали 45 закалены, одни от температуры 740°C, а другие от температуры 830°C. Используя диаграмму состояния железо – цементит. Объясните, какие из этих деталей закалены правильно, и имеют более высокую твердость и лучшие эксплуатационные свойства и почему.

2 Для изготовления плит высокого класса точности выбрана сталь 120ХГ:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления деталей высокой прочности используется мартенситостареющая сталь Н18К8М3:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

4 Для обшивки летательных аппаратов использован сплав ВТ6. Приведите состав сплава, режим упрочняющей термической обработки и получаемую структуру. Опишите процессы протекающие при термической обработке и преимущества сплава ВТ6 по сравнению с ВТ5.

5 Опишите ситаллы и методы их получения. Влияние состава и величины кристаллов на свойства ситаллов. Укажите область их применения.

Вариант 16.

1 Укажите температуры при которых производится процесс прочностного азотирования. Объясните, почему азотирование не производится при температурах ниже 500 и выше 700°C (используя диаграмму состояния железо - азот) Назовите марки стали, применяемые для азотирования и опишите полный цикл их термической и химико-термической обработки.

2 Для изготовления зенкеров выбрана сталь 9ХС:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления деталей, работающих в контакте с крепкими кислотами выбрана сталь Х28:

- расшифруйте состав стали;
- объясните причину введения хрома и обоснуйте выбор этой стали для данных условий работы.

4 Для изготовления ряда деталей в авиастроении применяется сплав МА2. Расшифруйте состав сплава, приведите характеристики механических свойств и укажите способ изготовления деталей из этого сплава.

5 Опишите поведение термопластов при деформировании. Каковы причины релаксационных явлений и их зависимость от условий нагружения?

Вариант 17.

1 Требуется произвести поверхностное упрочнение изделий из стали 15Г. Назначьте режим термической обработки, опишите ее технологию, происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины.

2 Для их изготовления матриц холодной штамповки выбрана сталь Х12Ф1:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;
- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления силовых лопаток авиационных газовых турбин выбран сплав ХН77ТЮР:

- расшифруйте состав и определите группу сплава по назначению;
- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование.
- опишите влияние температуры на характеристики жаропрочности этого сплава в сравнении с жаропрочными сталями.

4 Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяется латунь Л80

- расшифруйте состав и опишите структуру сплава;
- назначьте режим термообработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки и обоснуйте его выбор;
- опишите механические свойства этого сплава.

5 Состав, классификация, физико-механические свойства и область применения резины.

Вариант 18.

1 Изделия из стали 40Х подвергаются улучшению. Назначьте режим термической обработки. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и свойства стали.

2 Для их изготовления резцов выбрана сталь Р6М5:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;
- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для реостатных элементов сопротивления выбран сплав константан:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- опишите структуру и основные электротехнические характеристики этого сплава.

4 Для изготовления некоторых деталей самолета применяют сплав Д18П:

- расшифруйте состав сплава и укажите характеристики механических свойств;

- опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава и природу упрочнения;

5 Опишите полярные термопластичные материалы (полиамиды, поликарбонаты и др.), их состав, свойства и область применения.

Вариант 19.

1 Назначьте режим термообработки слабоагруженных деталей из стали 45. Приведите его обоснование и опишите структуру и свойства деталей. Объясните, почему удовлетворительные свойства на изделиях из данной стали могут быть получены только в небольших сечениях.

2 Для изготовления деталей штампов холодной штамповки выбрана сталь Р6М5:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Назначьте марку нержавеющей стали для изготовления деталей, работающих в слабоагрессивных средах (водные растворы солей и т.д.). Приведите химический состав стали, обходимую термическую обработку и получаемую микроструктуру. Объясните физическую природу коррозионной устойчивости материала и роль каждого легирующего элемента.

4 Для изготовления некоторых деталей самолета используют сплав АМг:

- расшифруйте состав и приведите механические свойства сплава;

- опишите, каким образом производится упрочнение сплава и объясните природу упрочнения.

5 Дайте подробную характеристику жаропрочным керамическим материалам: состав, свойства и условия применения в машиностроении.

Вариант 20.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) зубил из стали У12А. Опишите сущность происходящих превращений микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2 В результате термической обработки рессоры должны получить высокую упругость. Для изготовления выбрана сталь 70С3А:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь

по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Назначьте марку жаропрочной стали (силхром) для клапанов мощных тракторных двигателей:

- расшифруйте состав и определите класс стали по структуре;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование.

- опишите микроструктуру и основные свойства стали после термообработки.

4 Для поршней двигателей внутреннего сгорания, работающих при температуре от 200 до 250°C используется сплав АЛ1:

- расшифруйте состав и укажите способ изготовления деталей из данного сплава;

- опишите режим упрочняющей термической обработки и объясните природу упрочнения.

5 Полиолефины (полиэтилен, винипласт). Их свойства и область применения.

Вариант 21.

1 Назначьте режим термообработки слабонагруженных деталей из стали 40. Приведите его обоснование и опишите структуру и свойства деталей. Объясните, почему удовлетворительные свойства на изделиях из данной стали могут быть получены только в небольших сечениях.

2 Для изготовления машинных метчиков выбрана сталь Р6М5:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления вакуумной аппаратуры и достижения плотного контакта между стеклом и металлом используется платинит Н48:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного состава сплава в связи с аномалией изменения термического коэффициента расширения.

4 Для обшивки летательного аппарата используют сплав ВТ6. Приведите химический состав сплава, режим упрочняющей термической обработки и

Полученную структуру. Опишите процессы, протекающие при термической

обработке. Какими преимуществами обладает сплав ВТ6 по сравнению с ВТ5?

5 Приведите достоинства и недостатки пластмасс.

Вариант 22.

1 Выберите углеродистую сталь для изготовления пил. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента.

2 В результате термической обработки автомобильные оси должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость HRC от 30 до 35). Для их изготовления выбрана сталь 40X:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для выхлопных патрубков, работающих при температуре 600°C используется сталь X18H10T:

- расшифруйте состав и определите класс стали по структуре;

- объясните назначение введения легирующих элементов в данную сталь;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование;

- опишите микроструктуру и основные свойства стали после термообработки.

4 Для изготовления деталей самолета выбран сплав В95:

- расшифруйте состав и укажите характеристики механических свойств сплава;

- опишите режим упрочняющей термической обработки и объясните природу упрочнения.

5 Приведите классификацию технической керамики по составу и укажите область ее применения.

Вариант 23.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду, и температуру отпуска) шпилек из стали 45. Опишите сущность происходящих превращений микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2 Для изготовления машинных метчиков и плашек выбрана сталь Р9Ф5:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления деталей для точных механизмов применяется сплав инвар Н36:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного состава сплава в связи с аномалией изменения термического коэффициента расширения.

4 Для изготовления деталей самолета выбран сплав Д16:

- расшифруйте состав и укажите характеристики механических свойств сплава;

- опишите режим упрочняющей термической обработки и объясните природу упрочнения.

5 Преимущества и недостатки клеевых соединений пластмасс. Методы контроля.

Вариант 24.

1 Выберите углеродистую сталь для изготовления напильников. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента.

2 В результате термической обработки пружины должны получить высокую упругость. Для их изготовления выбрана сталь 60С2Н2А

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Назначьте марку нержавеющей стали для изготовления деталей, работающих в среде уксусной кислоты при температуре до 40°C. Приведите состав стали, обходимую термическую обработку и получаемую микроструктуру. Объясните физическую природу коррозионной устойчивости материала и роль каждого легирующего элемента.

4 Для изготовления слабонагруженных деталей выбран сплав АЛ5:

- расшифруйте состав и укажите способ изготовления деталей из данного сплава;

- опишите метод повышения механических свойств этого сплава и объясните природу упрочнения.

5 Обоснование технико-экономических преимуществ применения пластмасс. Основные области их эффективного применения.

Вариант 25.

1 Назначьте режим термообработки слабонагруженных деталей из стали 40. Приведите его обоснование и опишите структуру и свойства деталей. Объясните, почему удовлетворительные свойства на изделиях из данной стали могут быть получены в сечении не более 15X15?

2 Для изготовления деталей штампов холодной штамповки выбрана сталь Р6М5:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на

всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления деталей подшипников качения выбрана сталь ШХ15СГ

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

4 Для изготовления слабонагруженных деталей выбран сплав АЛ5:

- расшифруйте состав и укажите характеристики механических свойств данного сплава;

- укажите способ изготовления деталей из данного сплава.

5 Газонаполненные пластмассы. Опишите способы их изготовления и область применения.

Вариант 26.

1 Назначьте режим термической обработки для рессор из стали 70 и приведите его обоснование. Опишите сущность происходящих при термической обработке превращений, микроструктуру и свойства.

2 В результате термической обработки шестерни должны получить твердый износоустойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для их изготовления выбрана сталь 30ХГТ:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и химико-термической обработки приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления калибров выбрана сталь 9Х18:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

4 Для изготовления деталей самолета выбран сплав В96:

- расшифруйте состав сплава и укажите характеристики механических свойств сплава;

- опишите режим упрочняющей термической обработки и объясните природу упрочнения.

5 Древесные материалы. Укажите их свойства, достоинства и недостатки, а также области применения.

Вариант 27.

1 Назначьте режим термической обработки (температуру закалки,

охлаждающую среду, и температуру отпуска) метчиков стали У8. Опишите сущность происходящих превращений микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2 В результате термической обработки реактивные тяги должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость HRC от 28 до 35). Для их изготовления выбрана сталь 30ХГСНА:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для нагревательных элементов сопротивления выбран сплав нихром:

- расшифруйте состав и укажите к какой группе по назначению относится данный сплав и какие требования предъявляются к сплавам этого типа;

- укажите температурные границы применимости сплава.

4 Для изготовления деталей выбран сплав АЛ2:

- расшифруйте состав и укажите способ изготовления деталей из данного сплава;

- опишите метод повышения механических свойств этого сплава и объясните сущность этого явления.

5 Слоистые пластики. Укажите их состав, свойства, способ изготовления и области применения.

Вариант 28.

1 Назначьте режим термической обработки штампов из стали У11 и приведите его обоснование. Опишите сущность происходящих при термической обработке превращений, микроструктуру и свойства. Объясните, почему из данной стали изготавливают штампы небольшого сечения.

2 В результате термической обработки полуоси должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость HRC от 28 до 35). Для их изготовления выбрана сталь 40ХНМА:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для обшивки скоростных самолетов применяются сплавы на основе титана:

- обоснуйте причины применения этих сплавов, взамен алюминиевых;

- приведите примеры титановых сплавов и сравните их механические характеристики с характеристиками алюминиевых сплавов при температуре от 200 до 500°С.

4 Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяется латунь Л60:

- расшифруйте состав и опишите структуру сплава;
- назначьте режим термообработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки и обоснуйте его выбор;
- опишите механические свойства этого сплава.

5 Опишите основные свойства керамики и область применения.

Вариант 29.

1 Требуется произвести поверхностное упрочнение изделий из стали 15. Назначьте режим термической и химико-термической обработки, опишите ее технологию, происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины.

2 Для их изготовления матриц горячей штамповки выбрана сталь 5ХНМ:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для изготовления постоянных магнитов сечением 50X50 выбран сплав ЕХ9К15:

- расшифруйте состав и укажите к какой группе относится данный сплав по назначению;

- назначьте режим термической обработки, приведите подробное его обоснование,

- укажите, почему в данном случае нельзя применять углеродистую сталь У12.

4 Укажите состав, свойства и способ изготовления режущего инструмента из металлокерамических твердых сплавов, а также их преимущества и недостатки по сравнению с металлическими.

5 Опишите антифрикционные полимерные покрытия, их свойства, способ нанесения и условия применения. Какими показателями оценивают антифрикционные свойства?

Вариант 30.

1 Назначьте режим термической обработки для рессор из стали 65 и приведите его обоснование. Опишите сущность происходящих при термической обработке превращений, микроструктуру и свойства.

2 Для изготовления матриц штампов холодной штамповки выбрана сталь Х12Ф:

- расшифруйте состав и определите к какой группе относится данная сталь по назначению;

- назначьте режим термической обработки, и приведите подробное его обоснование, объясните влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки;

- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

3 Для деталей, работающих в слабых агрессивных средах применяется сталь 30Х13:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;
- объясните причины введения легирующих элементов в эту сталь;
- назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите получаемую микроструктуру.

4 Опишите металлокерамические твердые сплавы ТК: укажите их состав свойства и область применения.

5 Укажите основные особенности пластмасс, как конструкционного материала и рекомендации по их использованию.

Список рекомендуемой литературы

1. Арзамасов В.Б. Материаловедение и Технология конструкционных материалов / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др. Учебник для студентов высших учебных заведений. – М., Издательский центр «Академия», 2007. – 446 с.
2. Стерин И.С. Машиностроительные материалы. Основы металловедения и термической обработки/ Учебное пособие.- СПб.: Политехника, 2003.- 344 с.
3. Воздвиженский В.М. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. В.М. Воздвиженский, В.А. Грачев, В.В. Спасский.-М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.
4. Михайлов А.М Литейное производство: Учебник / А.М. Михайлов, Б.В. Бауман, Б.Н. Благов и др. Под ред. А.М. Михайлова. – М.: Машиностроение. 1987. – 255 с.
5. Кудрюмов А.В. Литейное производство цветных и редких металлов/ А.В. Кудрюмов, М.В. Пикунов. - М.: Металлургия, 1982. -352 с.
6. Жадан В.Т. Материаловедение и технология материалов: Учебник / В.Т. Жадан, П.И. Полухин, А.Ф. Нестеров и др.- М.: Металлургия, 1994.-623 с.
7. Свойства элементов: справочник /Под ред. М.Е. Дрица. - М.: Металлургия, 1985.-671 с.
8. Бернштейн М.Л. Металловедение и термическая обработка стали: Справ. изд. В 3-х т. / М.Л. Бернштейн, А.Г. Рахштадта. - 4-е изд. М.: Металлургия, 1991. – 1131 с.
9. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И.- М.: Металлургия, 1981. - 414 с.
10. Кушнер В. С. Материаловедение: учеб. для студентов вузов / В.С. Кушнер, А.С. Верещака, А.Г. Схиртладзе и др. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008.– 232 с.

Приложение А

Диаграммы состояния двойных металлических сплавов

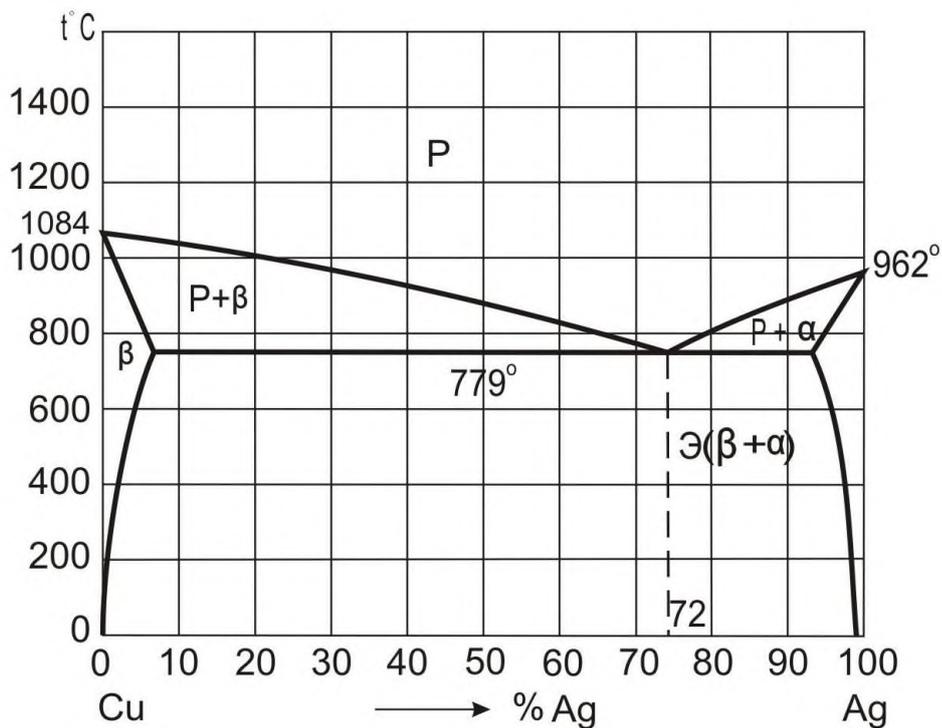


Рисунок 1. Диаграмма состояния системы медь-серебро

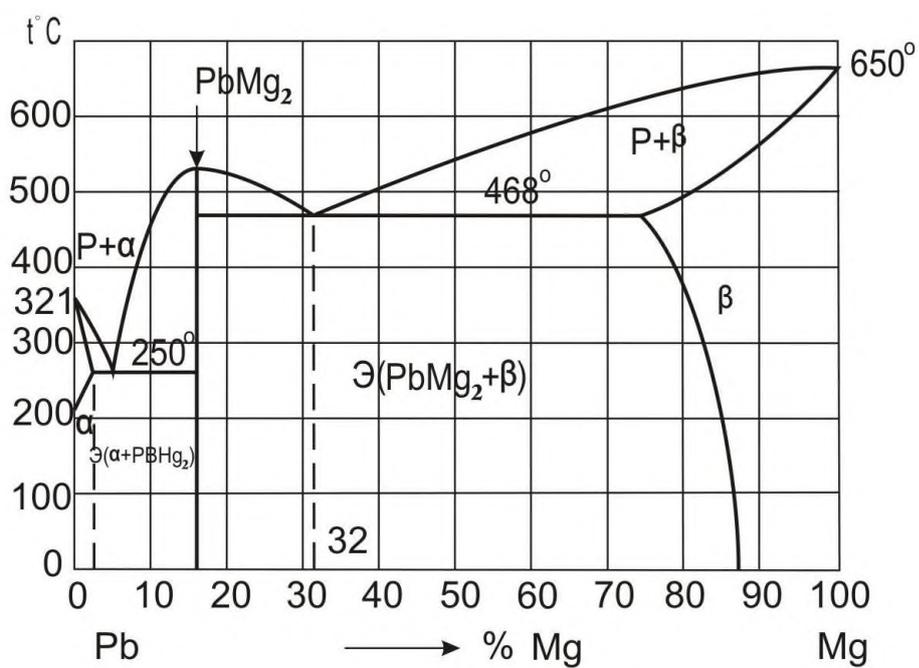


Рисунок 2. Диаграмма состояния системы свинец-магний

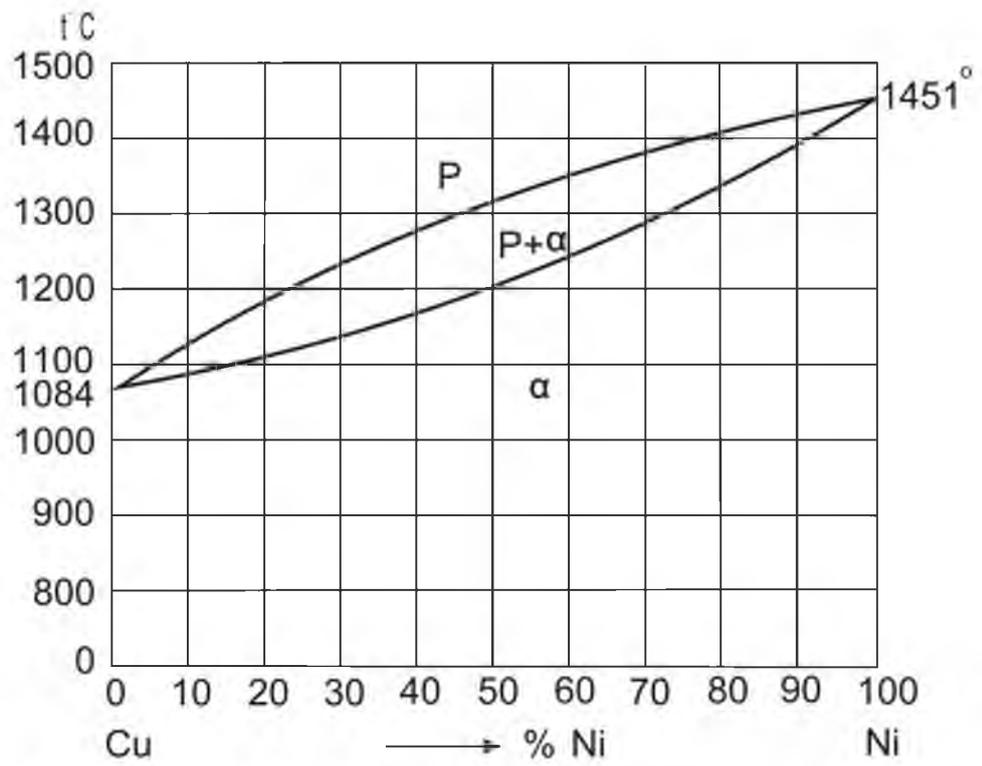


Рисунок 3. Диаграмма состояния системы медь-никель

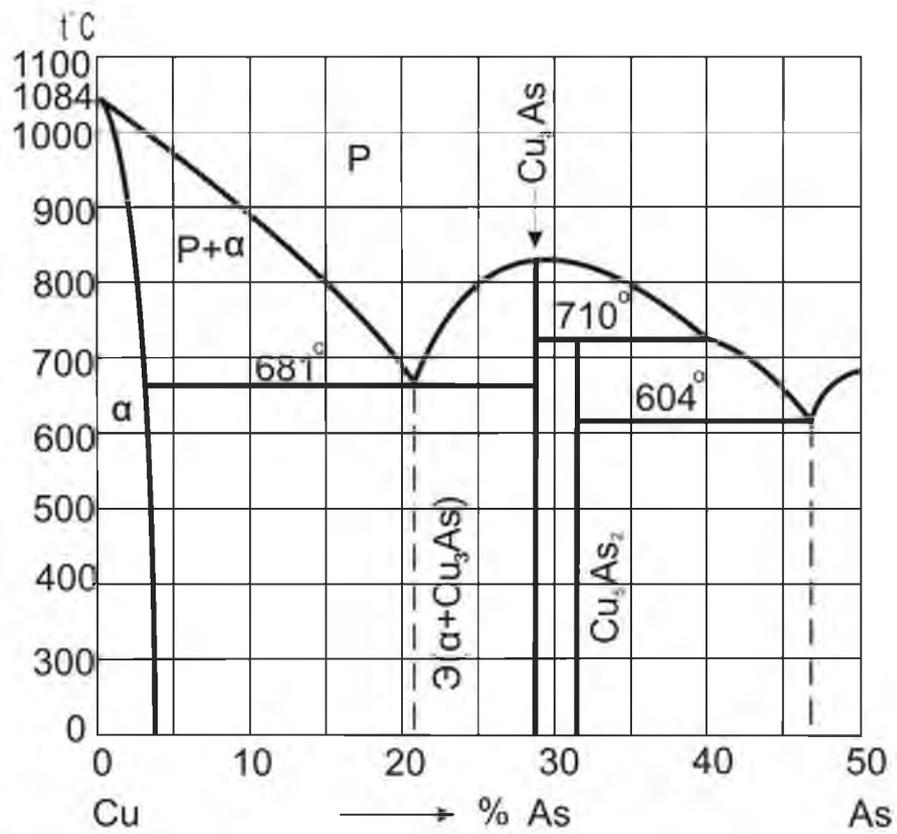


Рисунок 4. Диаграмма состояния системы медь-мышьяк

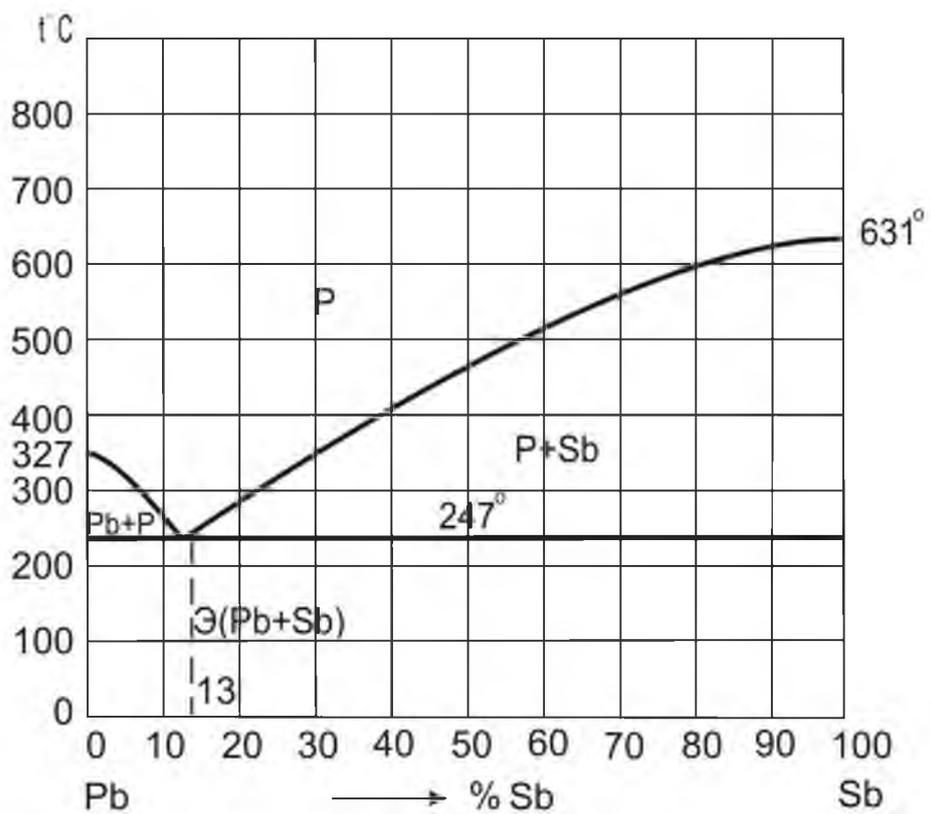


Рисунок 5. Диаграмма состояния системы сурьма-свинец

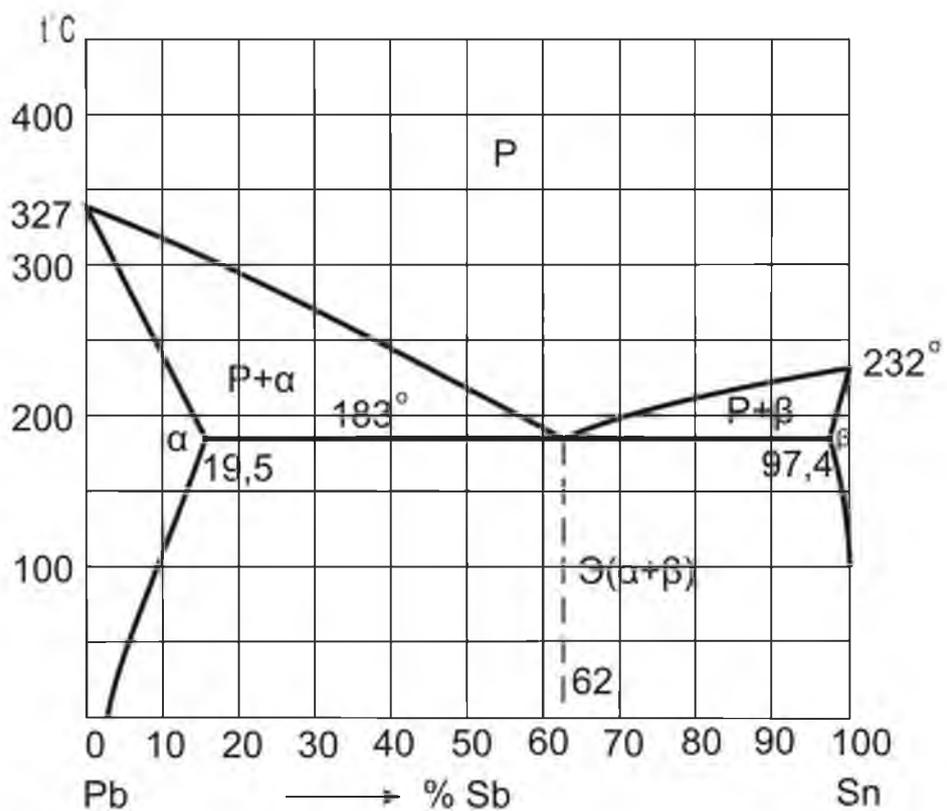


Рисунок 6. Диаграмма состояния системы сурьма-олово

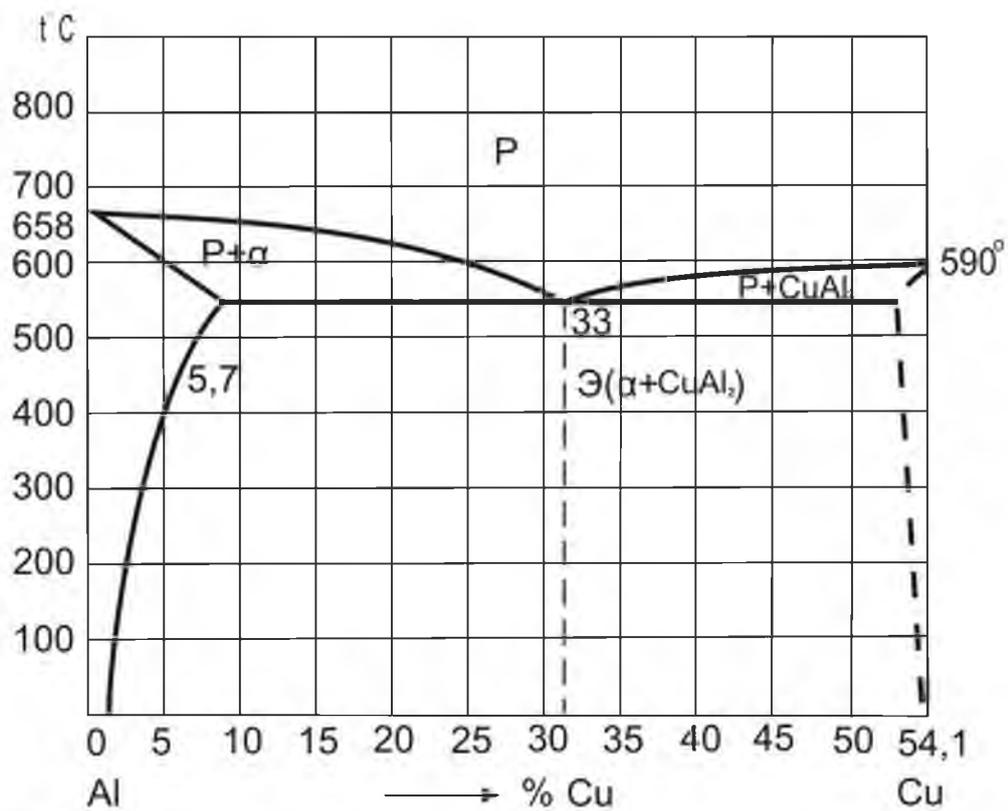


Рисунок 7. Диаграмма состояния системы алюминий-медь

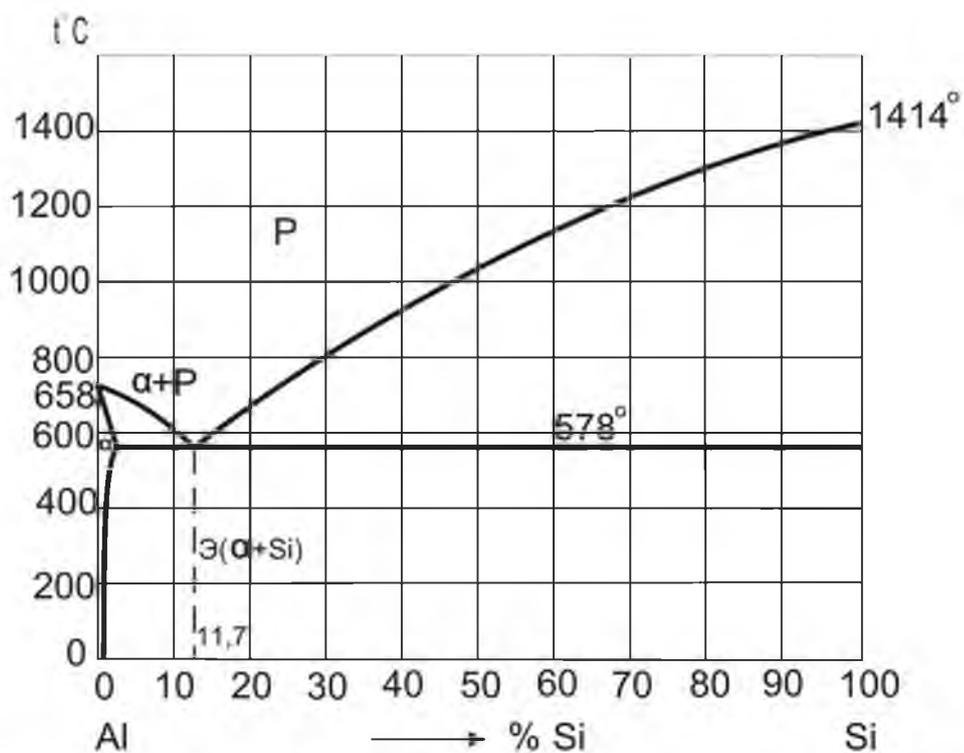


Рисунок 8. Диаграмма состояния системы алюминий-кремний

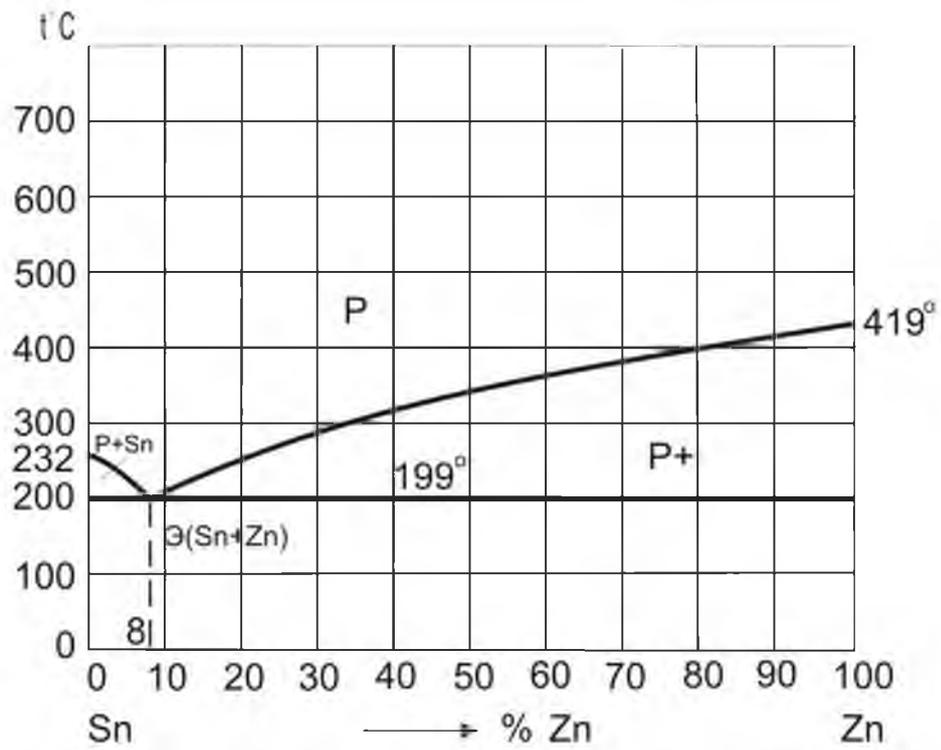


Рисунок 9. Диаграмма состояния системы олово-цинк

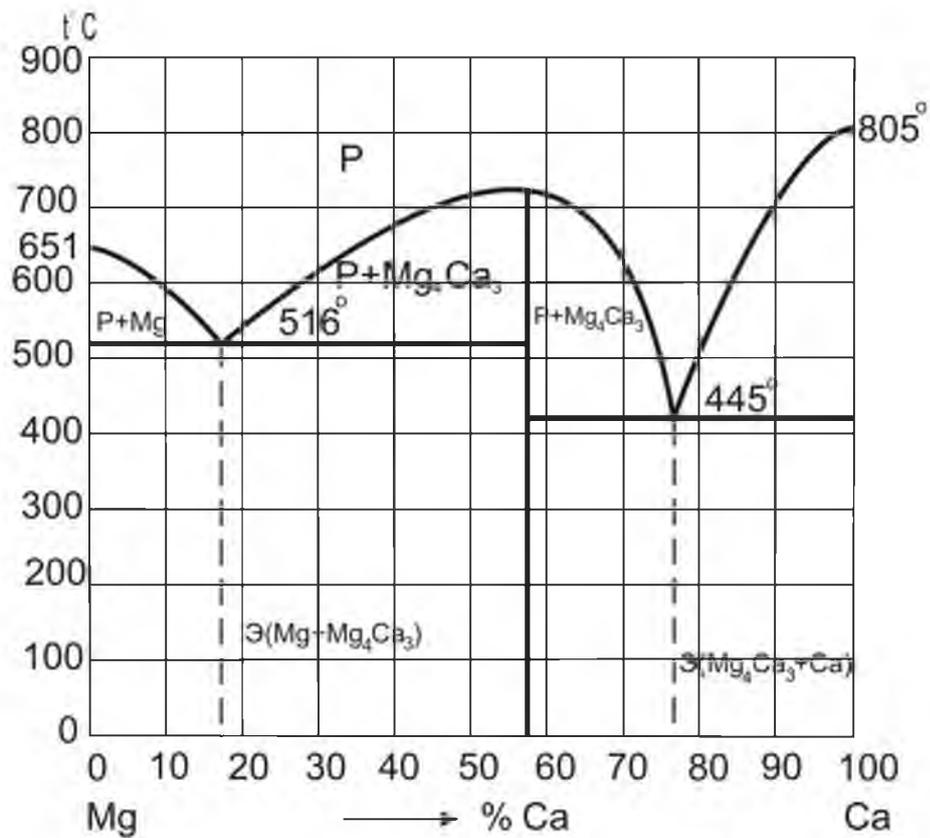


Рисунок 10. Диаграмма состояния системы магний-кальций

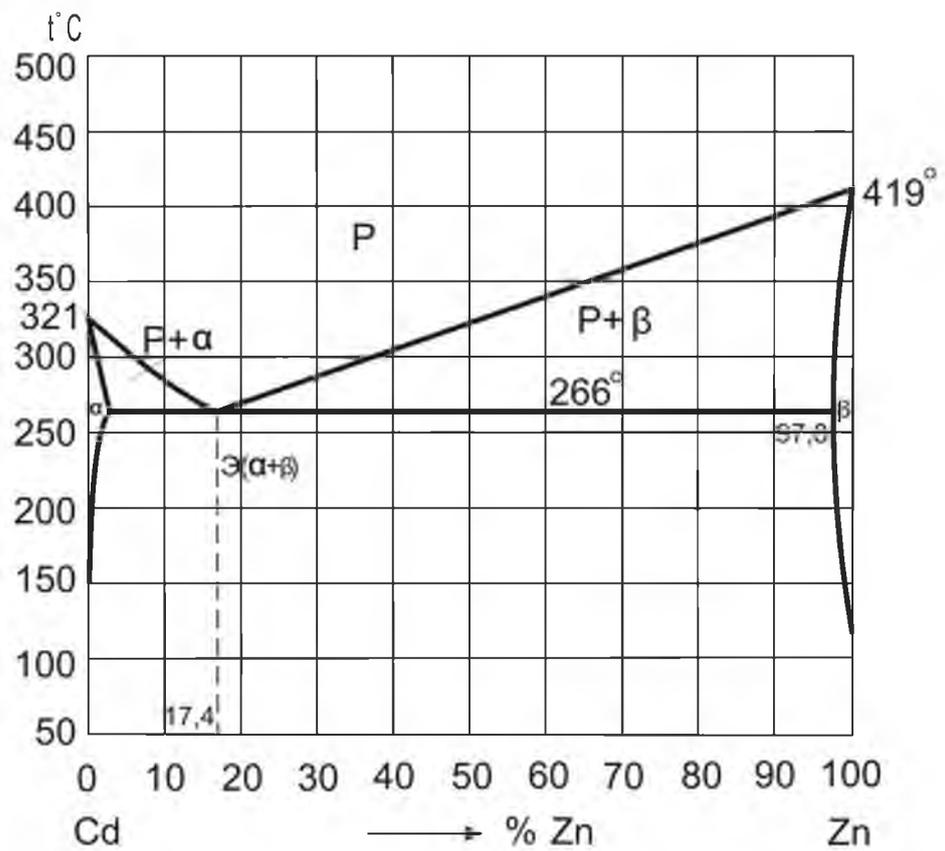


Рисунок 11. Диаграмма состояния системы кадмий-цинк

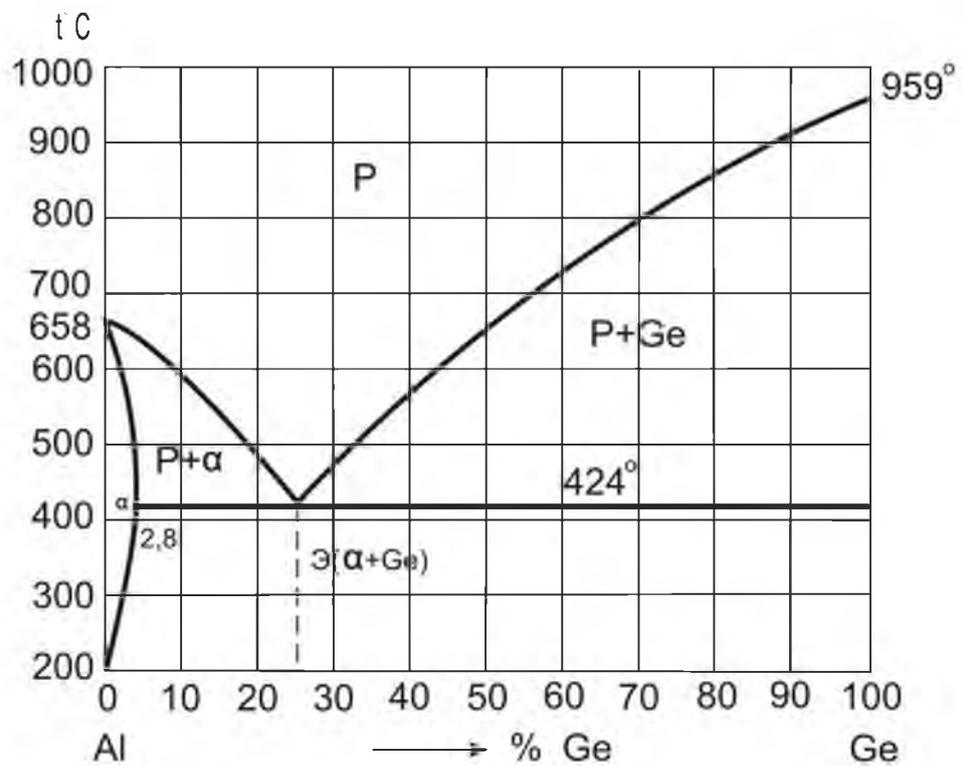


Рисунок 12. Диаграмма состояния системы алюминий-германий

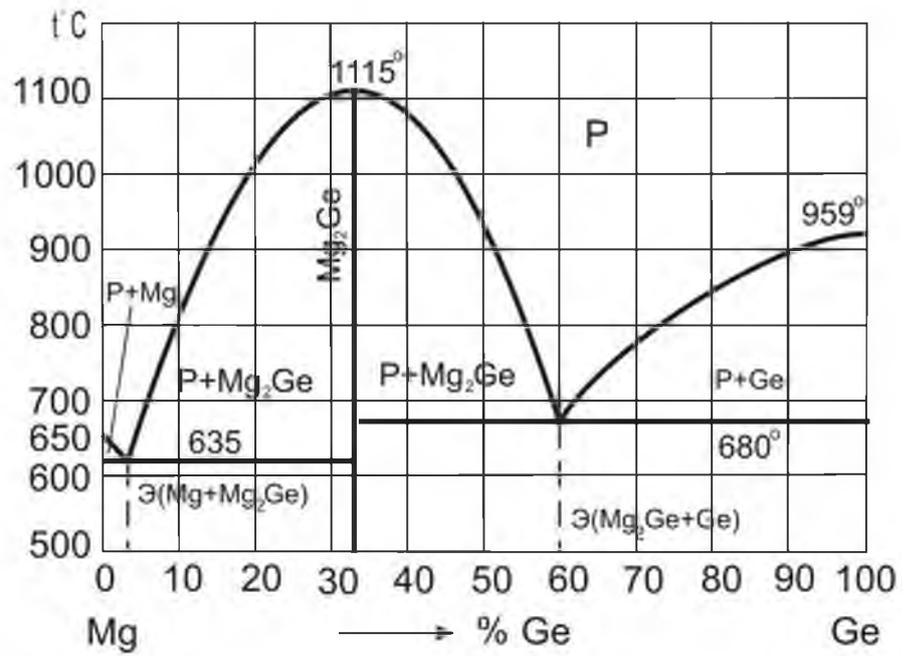


Рисунок 13. Диаграмма состояния системы магний-германий

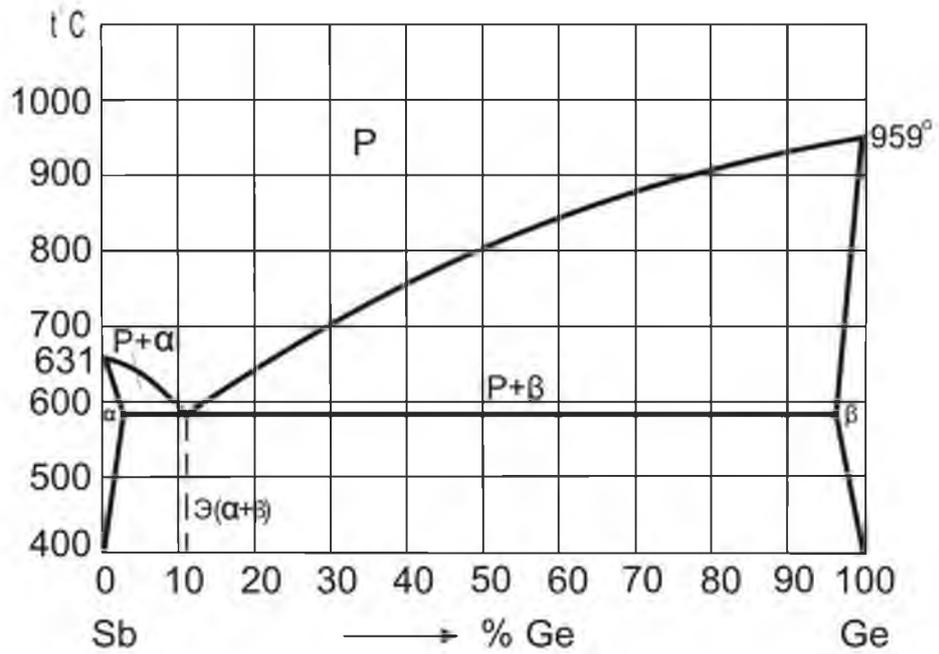


Рисунок 14. Диаграмма состояния системы сурьма-германий

БРАТКОВСКИЙ ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ
ШЕВЧЕНКО ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания для выполнения контрольных работ/домашних заданий по дисциплинам «Материаловедение» и «Технология конструкционных материалов» для бакалавров направлений
22.03.02 «Металлургия»,
15.03.03 «Технологические машины и оборудование»,
13.03.01 «Теплотехника и теплоэнергетика»,
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
всех форм обучения

Подписано в печать 21.12.2016 г.		
Формат 60x90 _{1/16} Рег.№ 93	Печать офсетная Тираж 30 экз.	Уч.-изд.л. 4

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
Новотроицкий филиал
462359, Оренбургская обл., г. Новотроицк, ул. Фрунзе, 8.
E-mail: nfmisis@yandex.ru
Контактный тел. 8 (3537) 679729.