

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Кумертауский филиал**  
**федерального государственного**  
**бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего профессионального образования**  
**«Оренбургский государственный университет»**  
**(Кумертауский филиал ОГУ)**

Транспортно-энергетический факультет

Кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий»

**Комплект заданий и методические указания для выполнения контрольной работы №1**

по дисциплине *«Электротехническое и конструкционное материаловедение»*

*Раздел «Конструкционное материаловедение»*

Содержание контрольной работы №1

Контрольная работа №1 состоит из двух заданий, содержит 30 вариантов, при этом вариант контрольной работы выбирается студентом по последним двум цифрам зачетной книжки, указанной в таблице «Распределение вариантов». Например, номер зачетной книжки 2357: предпоследняя цифра – 5, последняя цифра номера зачетной книжки – 7. При соединении вышеуказанных цифр по таблице № 1 выбирается вариант № 30.

Распределение вариантов контрольных работ

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
5	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
8	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Перед выполнением заданий контрольной работы студент должен записать и подчеркнуть текст каждого вопроса. Ответы на вопросы должны содержать теоретические положения, изложенные в рекомендуемых учебниках, обязательно иллюстрироваться схемами, эскизами, а также примерами из учебной литературы или из практики предприятия, на котором работает студент. Нельзя переписывать без переработки соответствующий текст из учебника или учебного пособия. Общий объем ответа на каждый вопрос не должен превышать 4 страниц. Страницы контрольной работы должны быть пронумерованы. После изложения ответа на каждый вопрос должна быть указана использованная литература с указанием страниц, на которые произведена ссылка.

В конце выполненной работы студент должен поставить дату выполнения задания и свою подпись. Ответы на вопросы контрольной работы должны составляться после изучения всей темы, а не отдельных ее частей.

Критерии оценки работы:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если работа выполнена самостоятельно в соответствии с заданием и в полном объеме, ответы на вопросы сформулированы грамотно, качество оформления материалов отвечают предъявляемым требованиям;
- оценка «не зачтено» выставляется, если работа выполнена студентом самостоятельно, или при неспособности студента пояснить основные положения выполненных заданий, или в случае фальсификации результатов.

Составитель \_\_\_\_\_ Т.А. Посягина  
(подпись)

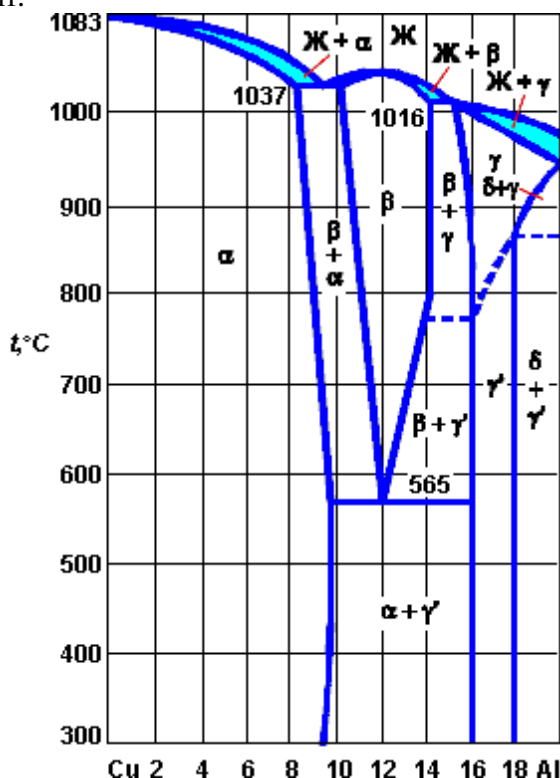
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Бондарев  
(подпись)

## ВАРИАНТ 1

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Al.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 10 % (вес.) Al и температуры 700 °С определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

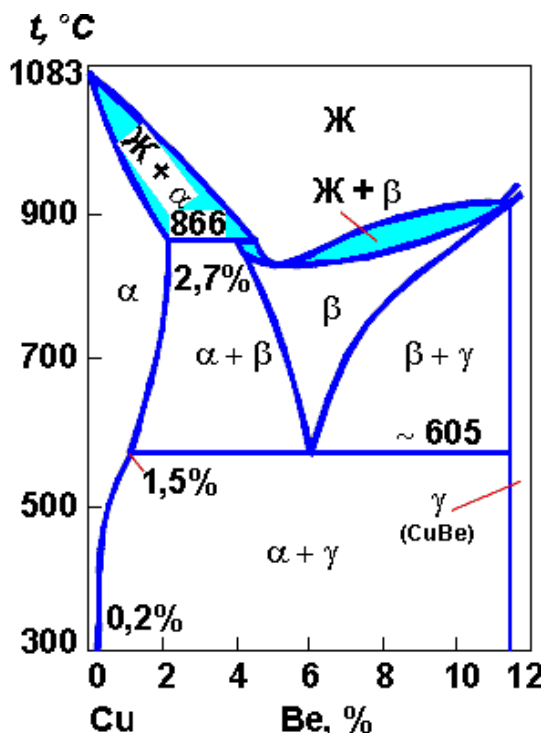
На заводе изготавливали валы двигателей внутреннего сгорания диаметром 60 мм из стали с пределом текучести 200-230 МПа и относительным удлинением 20-22%. В дальнейшем был получен заказ на валы такого же диаметра для более мощных двигателей; завод должен был гарантировать предел текучести; для валов одного типа не ниже 600 МПа и ударную вязкость не ниже 600 кДж/м<sup>2</sup>; для валов другого типа не ниже 800 МПа и ударную вязкость не ниже 800 кДж/м<sup>2</sup>. Указать стали, режим термической обработки, структуру и механические свойства после окончательной обработки. Указать, как изменится отношение  $\sigma_{0,2}/\sigma_B$  у выбранных сталей в результате выполнения улучшающей термической обработки. Описать общее назначение стали, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру стали, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 2

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Be.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 3 % (вес.) Be и температуры 700 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

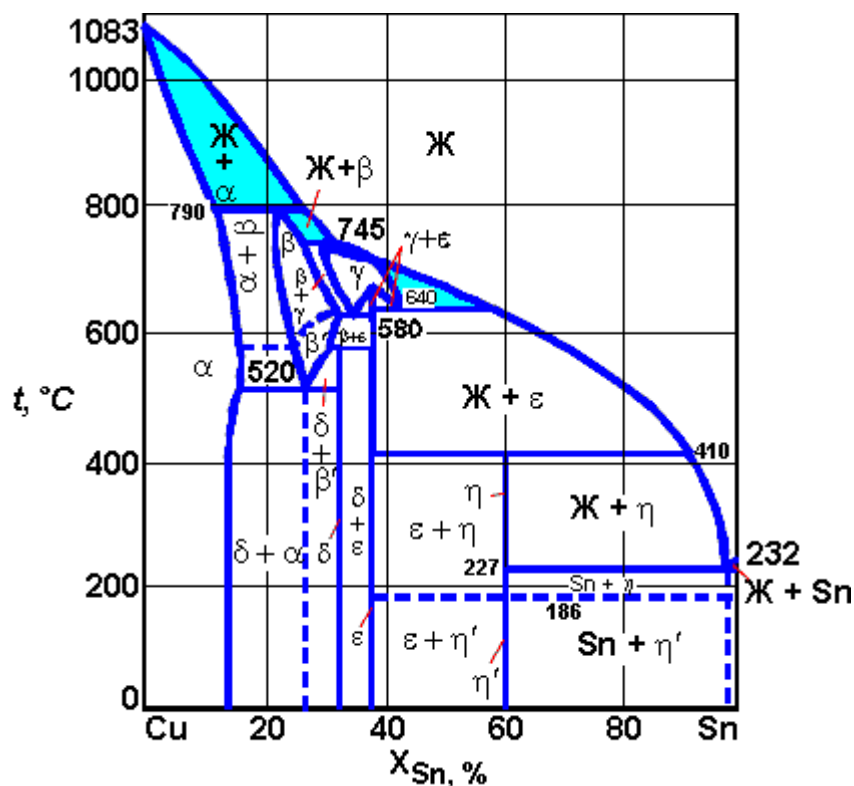
Завод изготавливает два типа зубчатых колес диаметром 60 мм и высотой 80 мм для работы в одинаковых условиях. Предел текучести должен быть не ниже 540-550 МПа. Однако второй тип зубчатых колес отличается от первой более сложной формой зуба и поэтому шлифование их после упрочняющей обработки исключено. Выбрать сталь для зубчатых колес указанных двух типов и привести состав и марку, учитывая технологические особенности термической обработки и необходимость предотвратить деформацию и образование трещин при закалке. Обосновать сделанный выбор стали, рекомендовать режим термической обработки и указать механические свойства в готовом изделии. Описать общее назначение стали, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру стали, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 3

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Sn.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 60 % (вес.) Sn и температуры 600 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

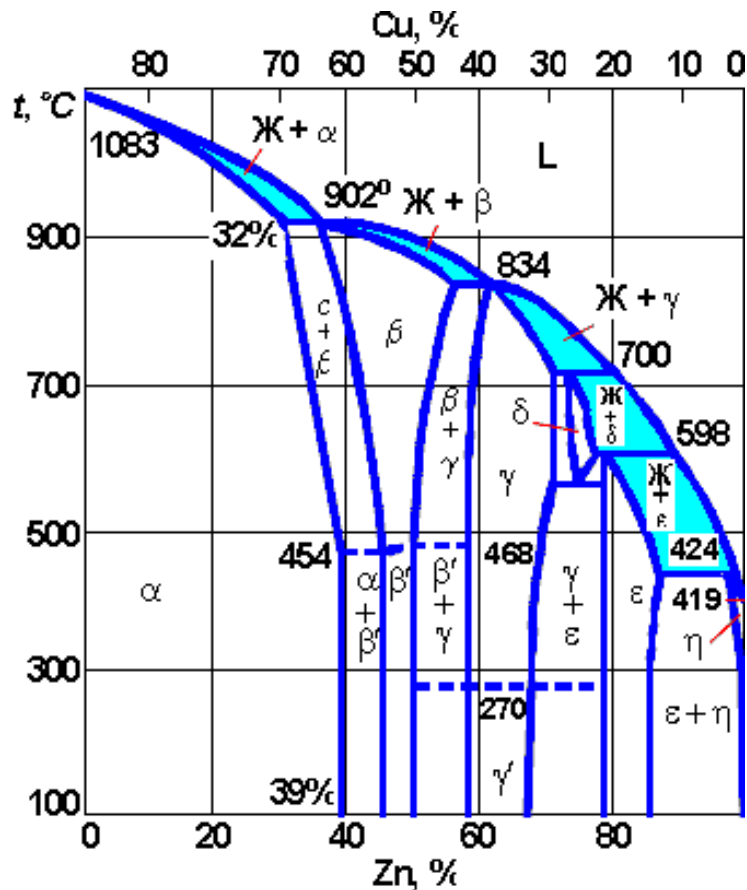
Станины станков изготавливают литьем. Временное сопротивление растяжению должно быть 200-250 МПа. Выбрать марку сплава, пригодного для изготовления станины, имеющую неодинаковую толщину в разных сечениях, указать режим термической обработки станины и структуру сплава. При решении задачи учесть, что в литой детали необходимо иметь возможно меньше напряжений, и термическая обработка должна предупредить деформацию (коробление) станины в процессе обработки и эксплуатации станка. Описать общее назначение сплава, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру сплава, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 4

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Zn.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 40 % (вес.) Zn и температуры 700 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

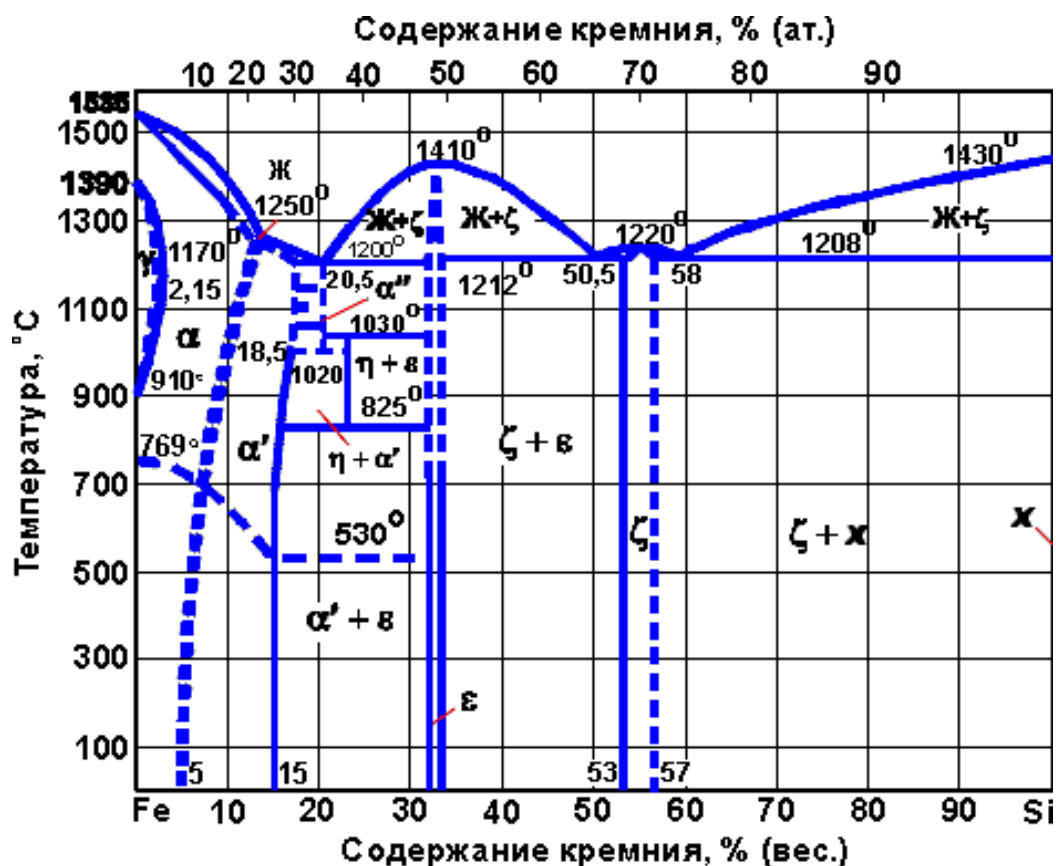
Многие крупные детали для железнодорожного транспорта, например автосцепки, изготавливаются литыми. Для повышения механических свойств отливки подвергают термической обработке. Выбрать марку стали и обосновать режим термической обработки, если временное сопротивление должно быть не ниже 350 МПа. Указать структуру и механические свойства стали после литья и после термической обработки. Описать общее назначение стали, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру стали, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 5

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Fe – Si.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 20 % (вес.) Si и температуры 700 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

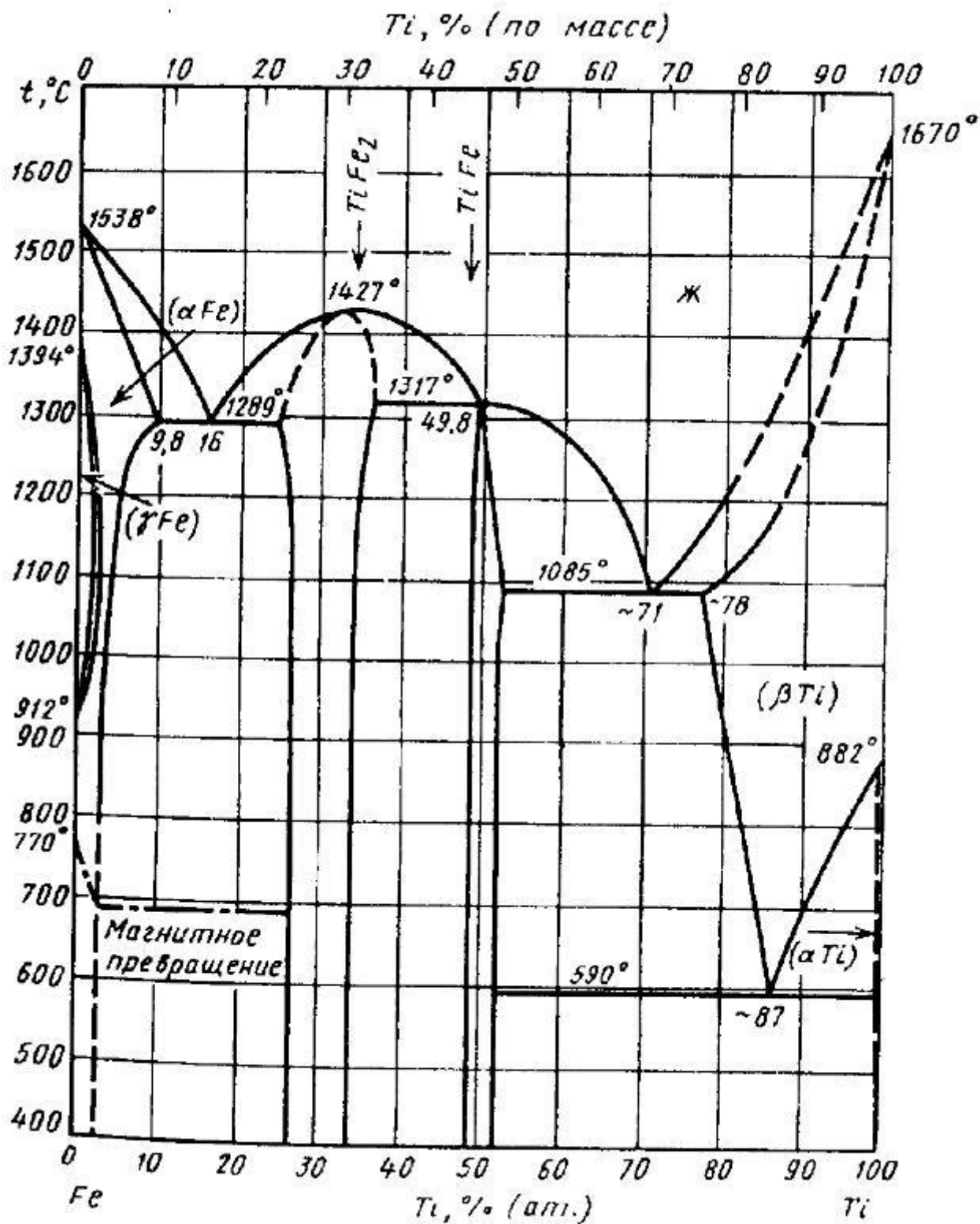
Многие детали приборов и оборудования, устанавливаемых на морских судах, должны быть устойчивы не только против действия воды, водяного пара и атмосферы воздуха, но и против более сильного корродирующего действия морской воды. Подобрать состав стали, устойчивой против действия воды, водяных паров, влажного воздуха и морской воды. Указать марку, химический состав, режим термической обработки, микроструктуру и механические свойства выбранных сталей. Одновременно указать химический состав и марку цветного сплава, устойчивого против действия морской воды, и сравнить структуру, механические и физические свойства стали и цветного сплава выбранных составов. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

ВАРИАНТ 6

I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Fe – Ti.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.

5. Для состава 60 % (ат.) Ti и температуры 700 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

## II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

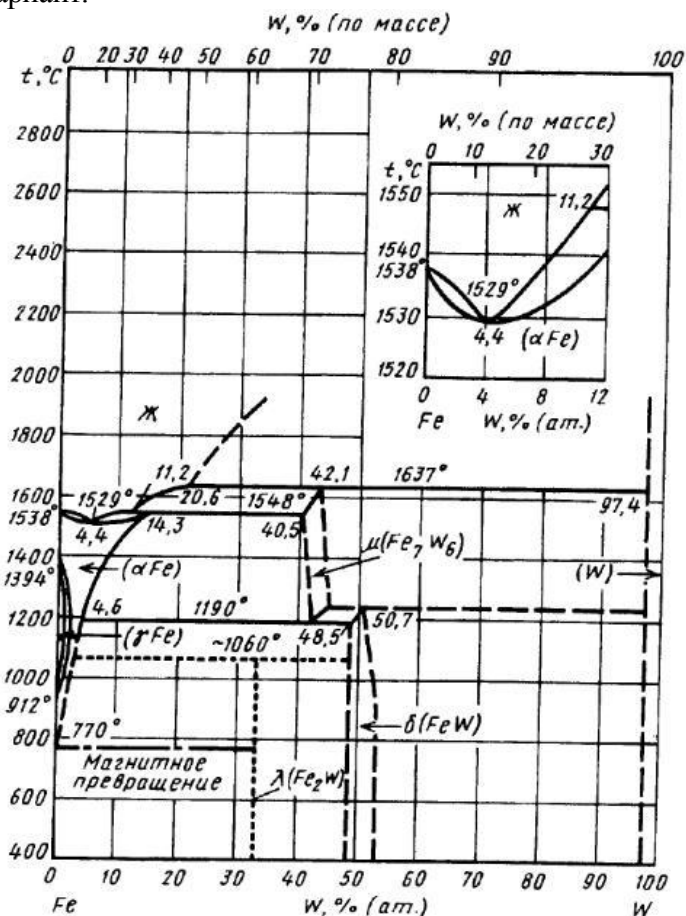
Многие детали гидросамолетов изготавливают из высокопрочной стали ( $\sigma_b$  не менее 1200 МПа). По условиям эксплуатации эти детали должны быть, кроме того, устойчивы против коррозии к морской воде. Выбрать марку стали, привести ее химический состав, а также структуру и механические свойства после закалки. Привести способ обработки выбранной стали для повышения предела прочности до 1200 МПа, указав, как изменяются при этом другие механические свойства стали. Описать общее назначение стали, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру стали, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 7

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Fe – W.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 20 % (ат.) W и температуры 1400 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

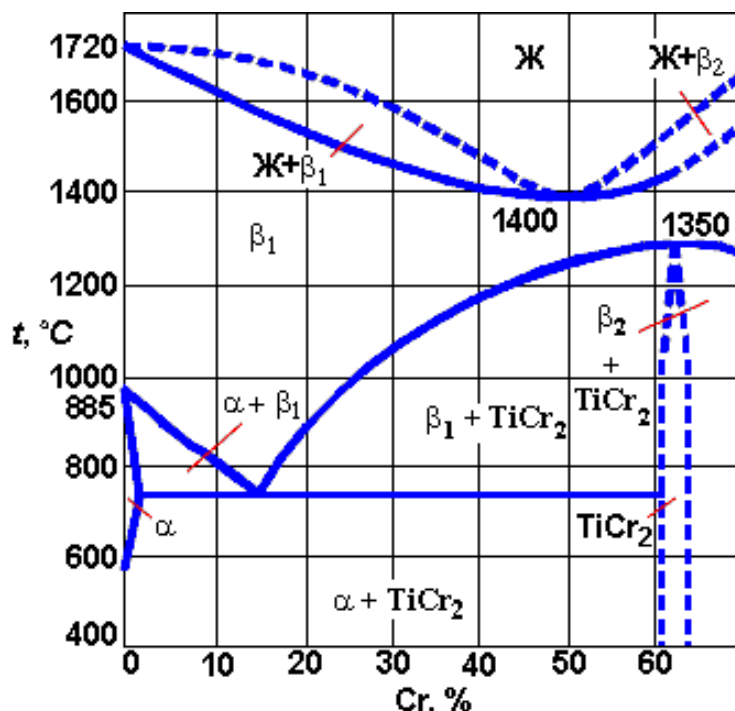
Червяк редуктора для уменьшения коэффициента трения часто изготавливают из стали, а венец колес - из сплава на медной основе. Указать марку и состав сплава для венца колеса, обладающего высокими антифрикционными свойствами и временным сопротивлением  $\sigma_b$  не ниже 250 МПа. Указать для сравнения состав, термическую обработку, структуру и механические свойства стали для изготовления червяка редуктора диаметром 30 мм, если временное сопротивление должно быть не ниже 700 МПа. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 8

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Ti – Cr.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 40 % (вес.) Cr и температуры 700 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

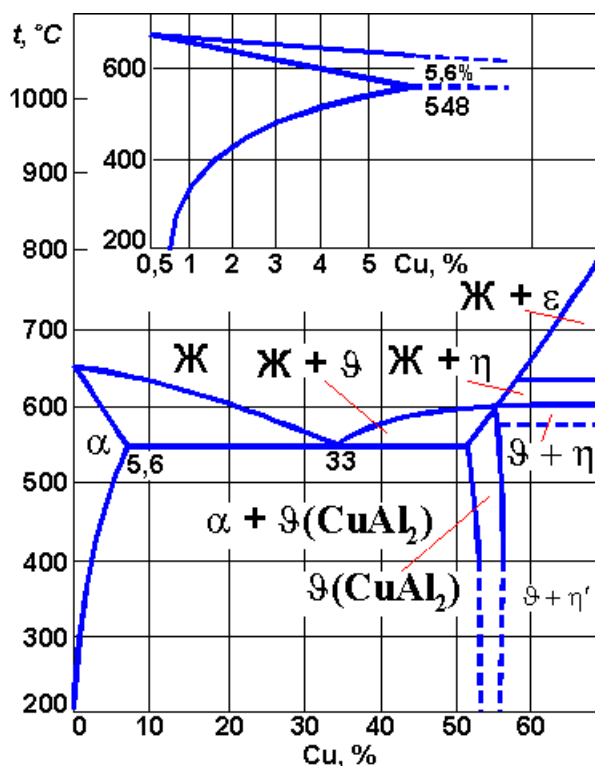
Многие детали приборов и оборудования, подверженные действию морской воды, изготавливают из цветного сплава путем холодной деформации в несколько операций. Подобрать сплав, стойкий против действия морской воды и привести его химический состав. Указать режим промежуточной термической обработки выбранного сплава и привести его механические свойства после деформации и термической обработки. Сравнить состав стали, стойкой против действия морской воды; привести режим ее термической обработки, механические свойства и структуру. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 9

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Al – Cu.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 10 % (вес.) Cu и температуры 400 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

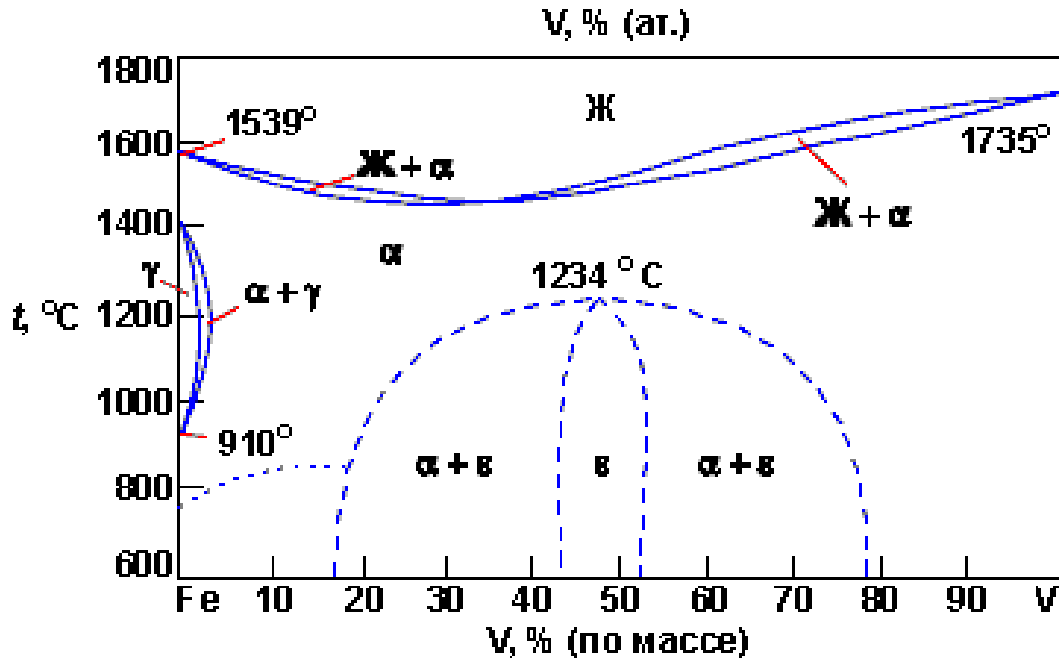
В химическом машиностроении применяют специальные латуни для изготовления литьем коррозионноустойчивых тяжело нагруженных деталей. Выбрать марку сплава с временным сопротивлением не ниже 450 МПа, привести его состав, механические свойства, структуру и указать, в каких средах такой сплав является устойчивым. Сопоставить механические свойства латуни выбранного состава с аналогичными свойствами латуни ЛС59-1 и указать область применения латуни ЛС59-1. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 10

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Fe – V.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 25 % (масс.) V и температуры 800 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

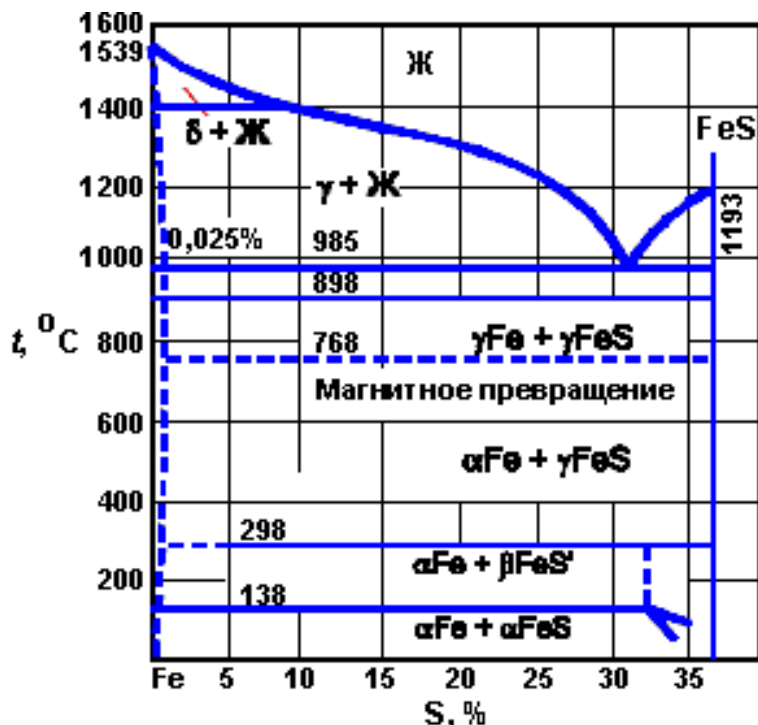
Некоторые детали арматуры турбин, котлов и гидронасосов и т.п., работающие во влажной атмосфере и изготавливаемые массовыми партиями литьем, имеют сложную форму. В процессе литья должна быть обеспечена максимальная точность размеров. Указать состав, применяемого для этой цели цветного сплава, его структуру и механические свойства; привести способ литья, позволяющий создать требуемую высокую точность отливки с минимальной последующей механической обработкой. Привести химический состав стали для форм, применяемых для литья выбранного сплава, и указать режим термической обработки, а также структуру стали в готовом изделии. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 11

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T$ - $x$  диаграммы состояния системы Fe – S.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 5 % (вес.) S и температуры 1200 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

Необходимо изготовить зубчатые колеса из сплава, стойкого против действия воды и пара и обладающего небольшим коэффициентом трения. Сплав должен иметь временное сопротивление не ниже 350 МПа. Объяснить, почему в таких случаях не применяют нержавеющую сталь, стойкую против коррозии в условиях воды и пара. Указать состав и структуру цветного сплава, не содержащего дорогих элементов и пригодного для изготовления подобных зубчатых колес. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, режимы термической обработки, применяемые к подобным сплавам, и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

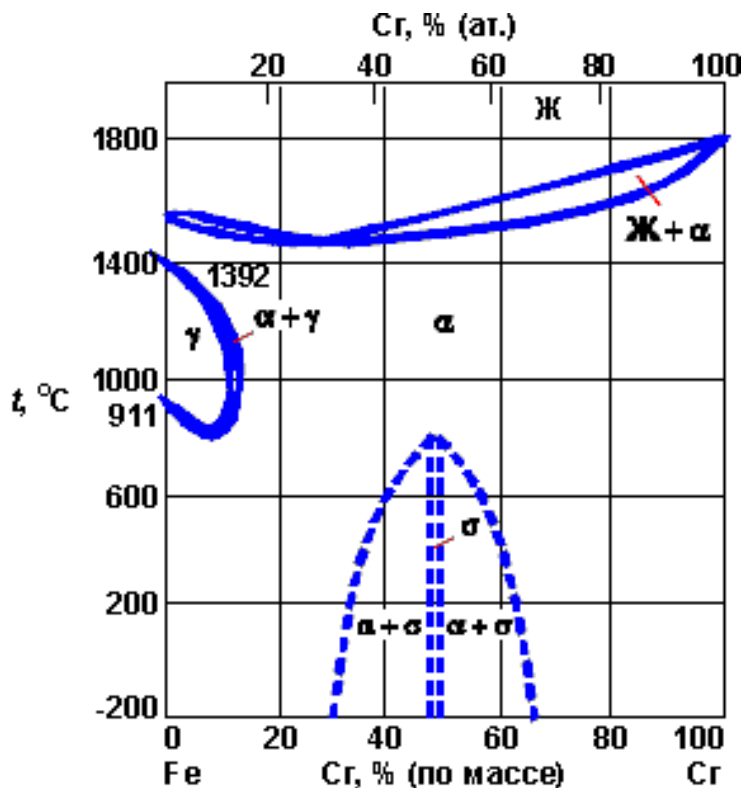


## ВАРИАНТ 13

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T$ - $x$  диаграммы состояния системы Fe – Cr.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 40 % (масс.) Cr и температуры 400 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

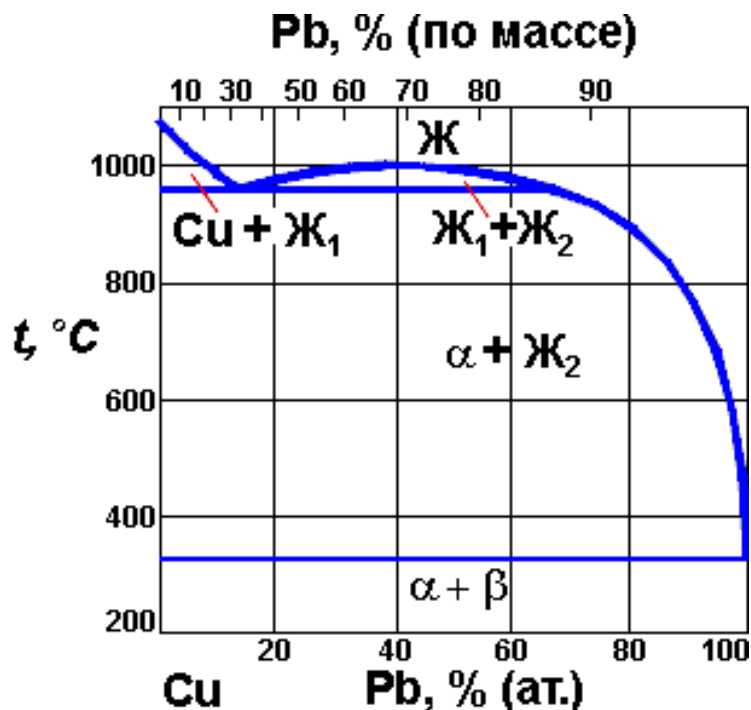
Головки цилиндров поршневых автомобильных двигателей, работающих при повышенных температурах, изготавливают из легких сплавов литьем. Привести химический состав сплава, применяемого для этой цели, указать роль отдельных компонентов сплава, его структуру и механические свойства. Описать общее назначение сплава, способ маркировки, режимы термической обработки, применяемые к подобным сплавам, и их влияние на механические свойства и структуру сплава, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 14

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Pb.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 20 % (ат.) Pb и температуры 800 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

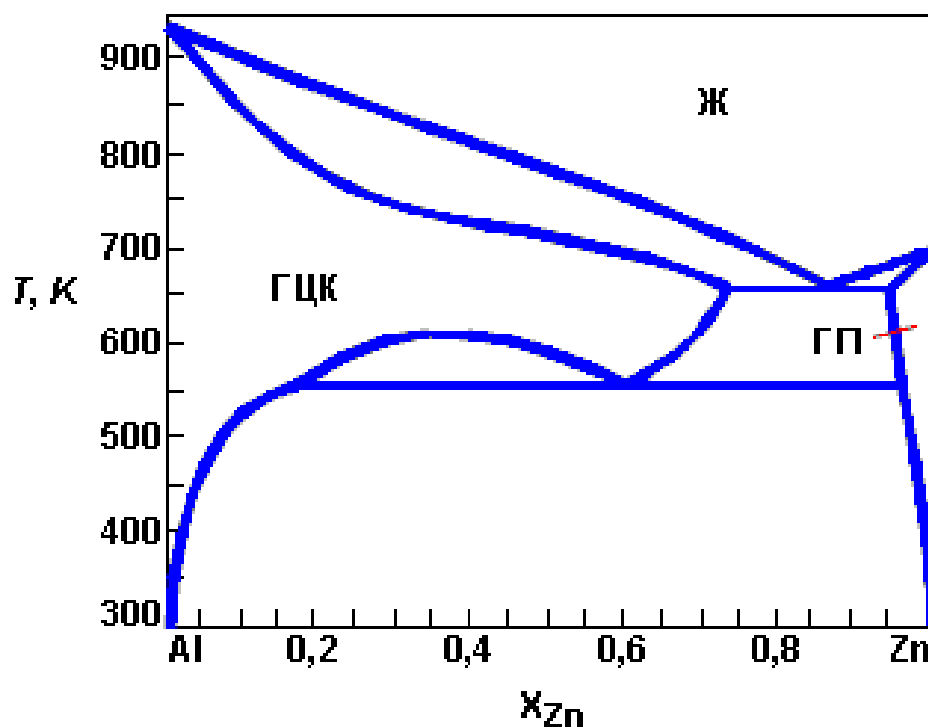
Поршни многих двигателей внутреннего сгорания изготавливают из деформируемого сплава на алюминиевой основе с добавками легирующих элементов, способствующих сохранению механических свойств при нагреве до 250-300°C. указать состав и свойства сплава на алюминиевой основе, применяемого для этой цели, а также рекомендовать состав сплава на основе титана, обладающего повышенной прочностью при температурах до 400-500°C и пригодного для изготовления поршней, работающих при более высоких температурах. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, режимы термической обработки, применяемые к подобным сплавам, и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 15

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Al – Zn.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 20 % (вес.) Zn и температуры 500 °С определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

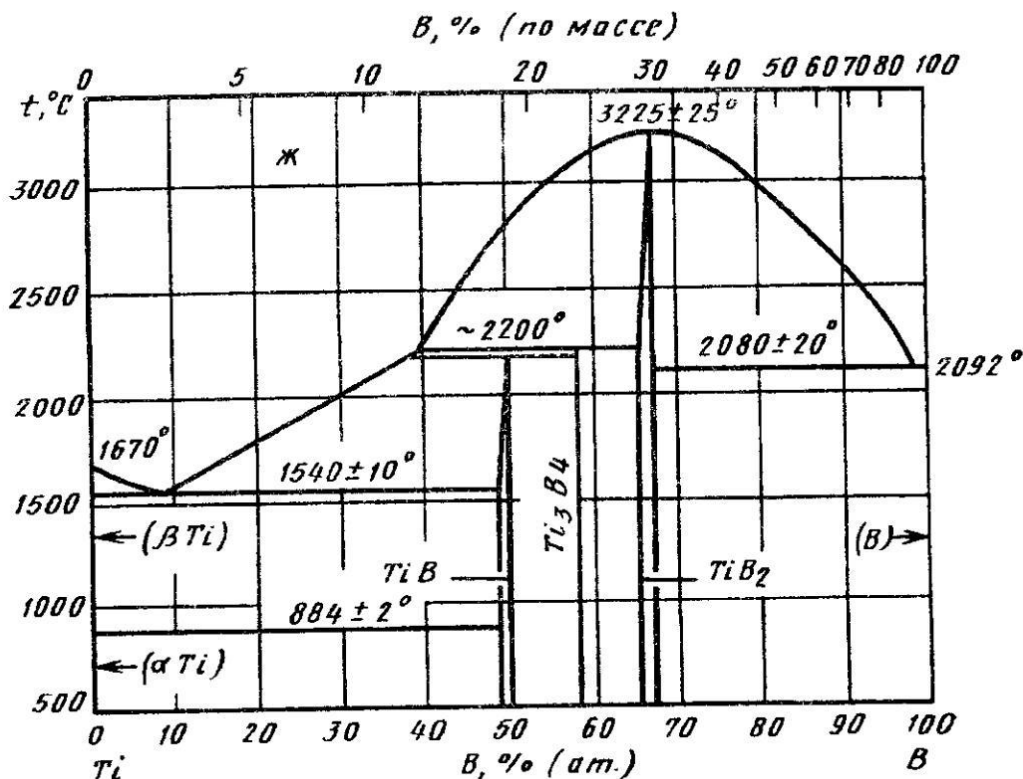
Многие детали в современных механизмах и машинах работают на истирание, однако условия и характер износа могут быть различными. Поэтому применяют износостойкие материалы, разные по составу и свойствам. Указать и обосновать, в каких случаях и по каким причинам следует применять: высокомарганцовистую аустенитную сталь; хромистую заэвтектоидную сталь (шарикоподшипниковую); латуни и бронзы, подшипниковые сплавы (баббиты). Привести химический состав перечисленных сплавов, общее назначение сплавов, способы маркировки, режимы термической обработки, применяемые к подобным сплавам, и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 16

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Ti – В.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 20 % (ат.) В и температуры 1000 °С определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

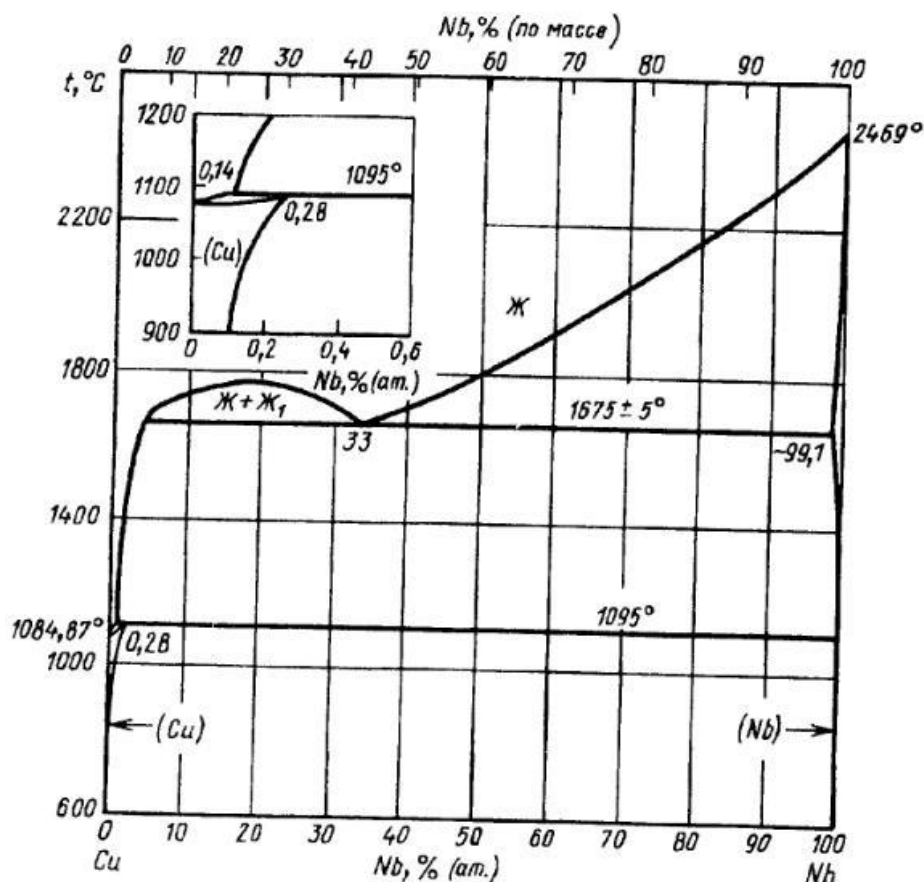
Магнитные сердечники радиотехнических приборов изготавливают из магнитомягких металлических сплавов, имеющих высокую магнитную проницаемость и малые потери на перемагничивание и на вихревые токи. Однако эти сплавы не пригодны при резком повышении частоты поля до 50 МГц из-за сильно возрастающих потерь на вихревые токи. Указать тип материала, а также составы металлических сплавов, которые можно применять для сердечников, работающих в области средних частот. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, выбранные режимы обработки и их влияние на магнитные свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым магнитным свойствам.

## ВАРИАНТ 17

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Nb.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 60 % (ат.) Nb и температуры 1800 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

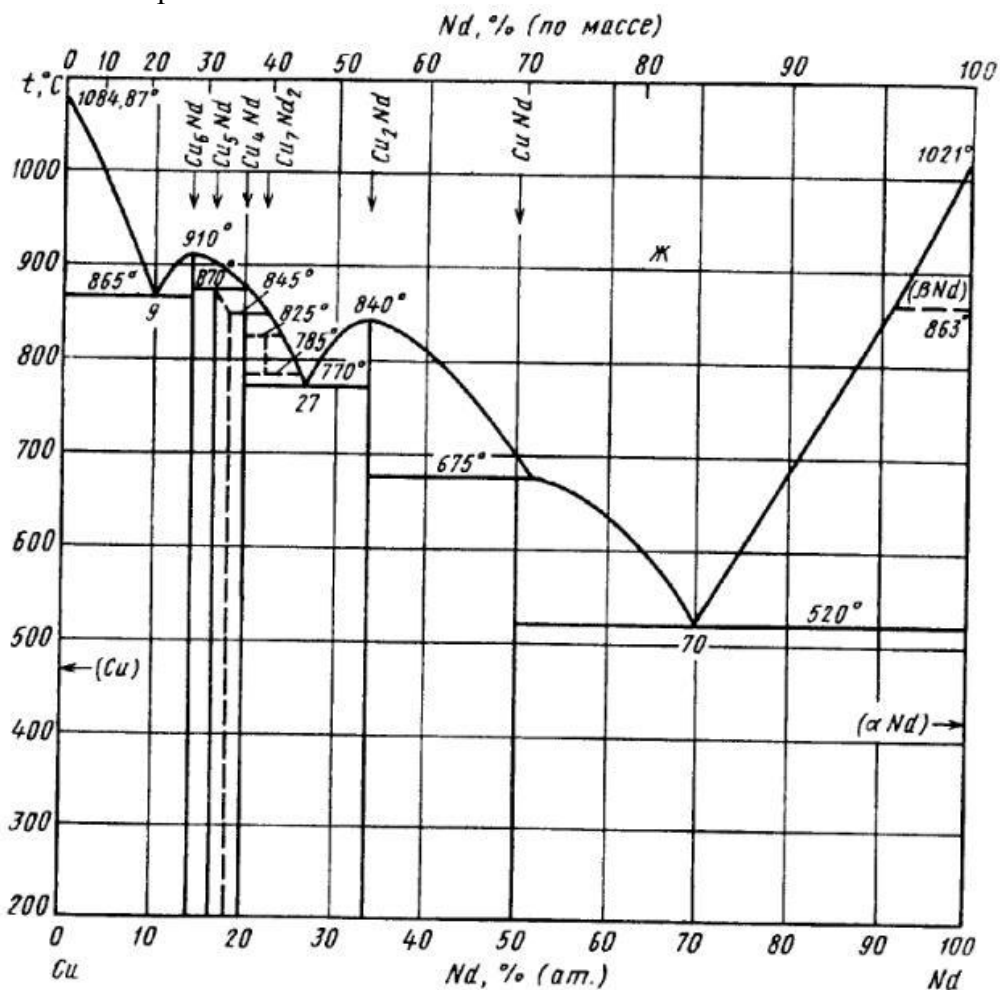
Выбрать и обосновать сплав для высокоточной аппаратуры приема и передачи информации, работающей в слабых полях при высоких частотах. Отношение максимальной и начальной магнитных проницаемостей такого сплава на рабочих частотах должно быть не больше 1,15. Указать необходимые виды термической обработки. Описать общее назначение сплава, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на магнитные свойства и структуру сплава, дать определение рассматриваемым магнитным свойствам.

## ВАРИАНТ 18

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Nd.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 60 % (ат.) Nd и температуры 600 °С определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

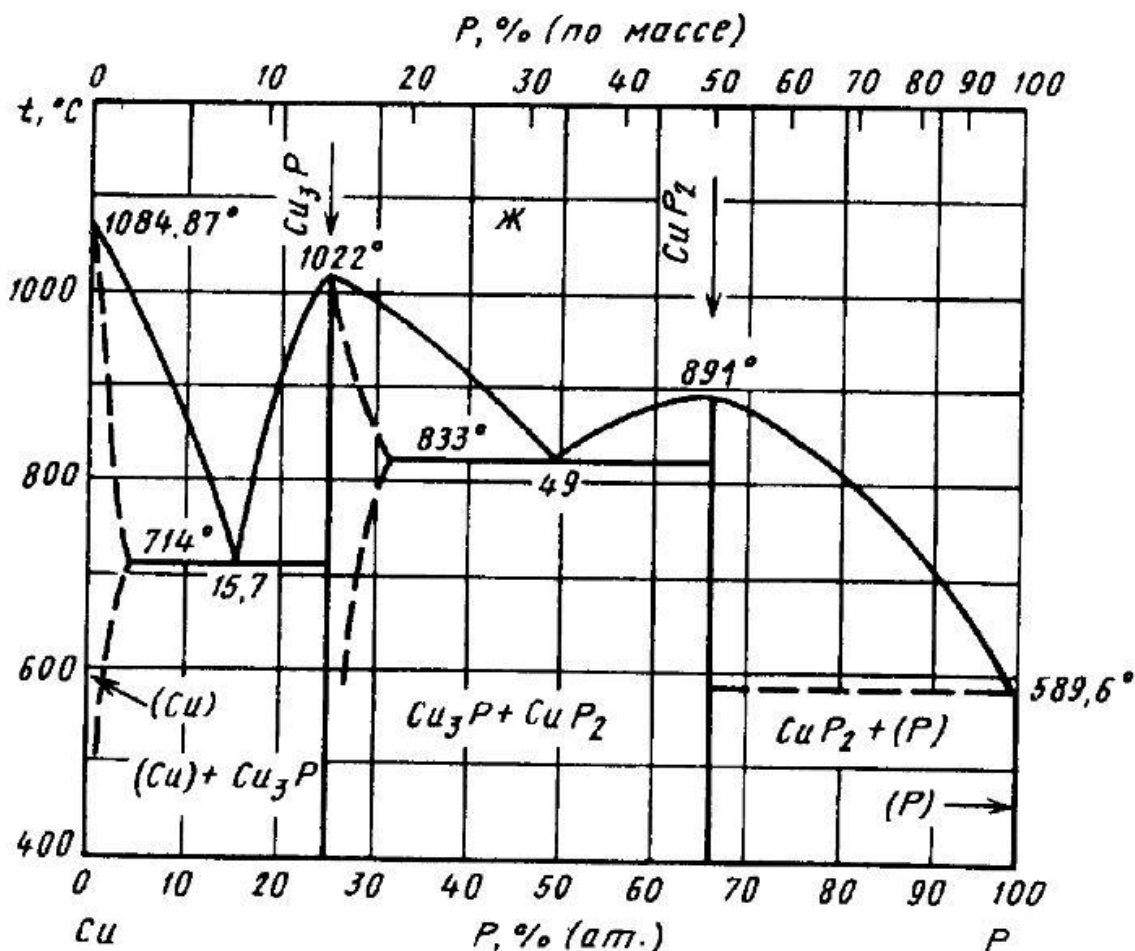
Выбрать и обосновать сплав для реостата, работающего при температурах до 500 °С. Указать необходимые виды термической обработки. Описать общее назначение сплава, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические, электрические свойства и структуру сплава, дать определение рассматриваемым механическим и электрическим свойствам.

## ВАРИАНТ 19

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – P.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 10 % (ат.) P и температуры 600 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

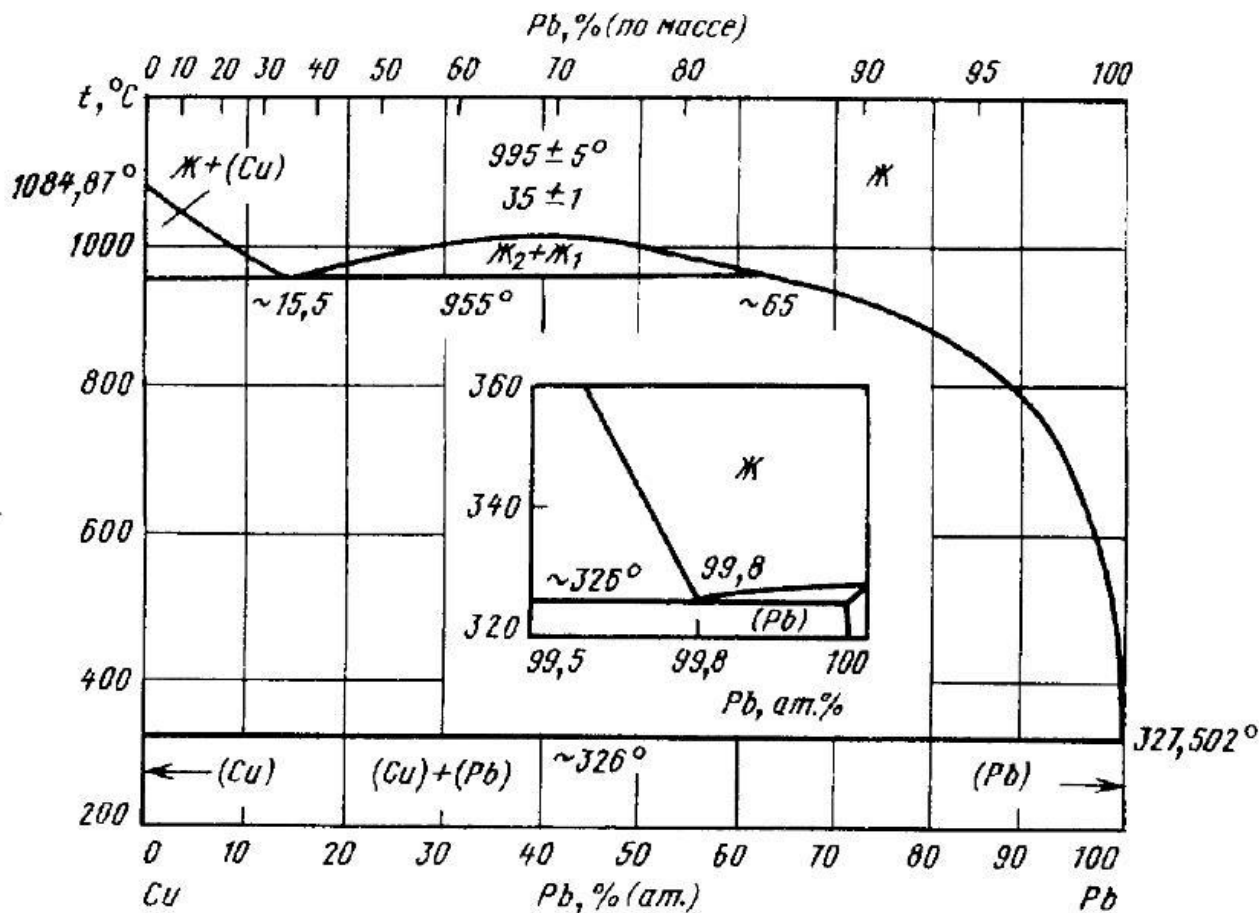
Выбрать и обосновать сплав для нагревателя печи сопротивления, работающей на воздухе и имеющей рабочую температуру 1300 °C. Выбрать и обосновать толщину нагревательного элемента. Описать общее назначение сплава, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические, электрические свойства и структуру сплава, дать определение рассматриваемым механическим и электрическим свойствам.

## ВАРИАНТ 20

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Pb.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 10 % (ат.) Pb и температуры  $600^\circ\text{C}$  определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

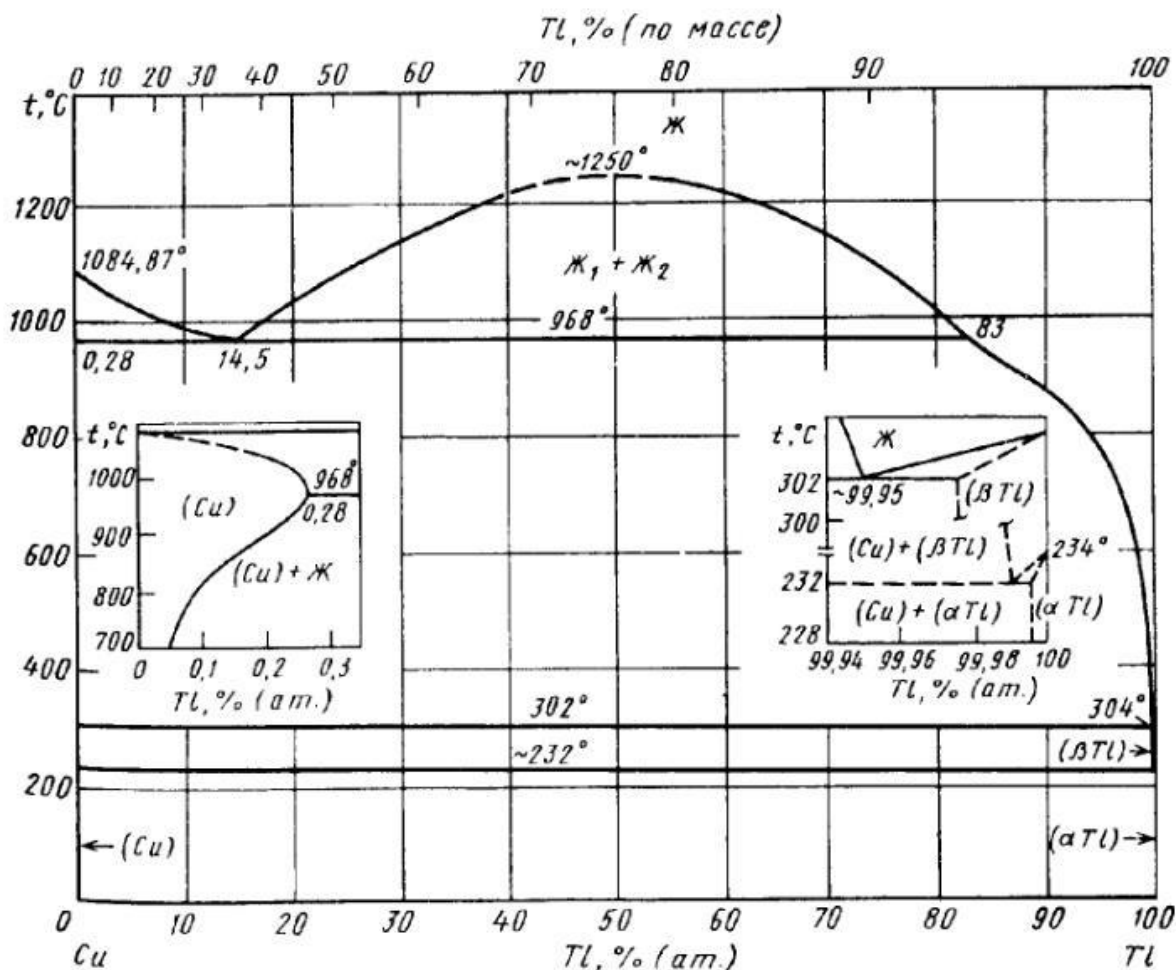
Выбрать и обосновать сплавы для изготовления измерительных резисторов высокой точности, работающих при комнатной температуре и температурах до  $100^\circ\text{C}$ . Описать влияние химических элементов, входящих в состав сплавов на их электрические и механические свойства. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические, электрические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим и электрическим свойствам.

## ВАРИАНТ 21

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Tl.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 30 % (ат.) Tl и температуры  $1000^\circ\text{C}$  определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

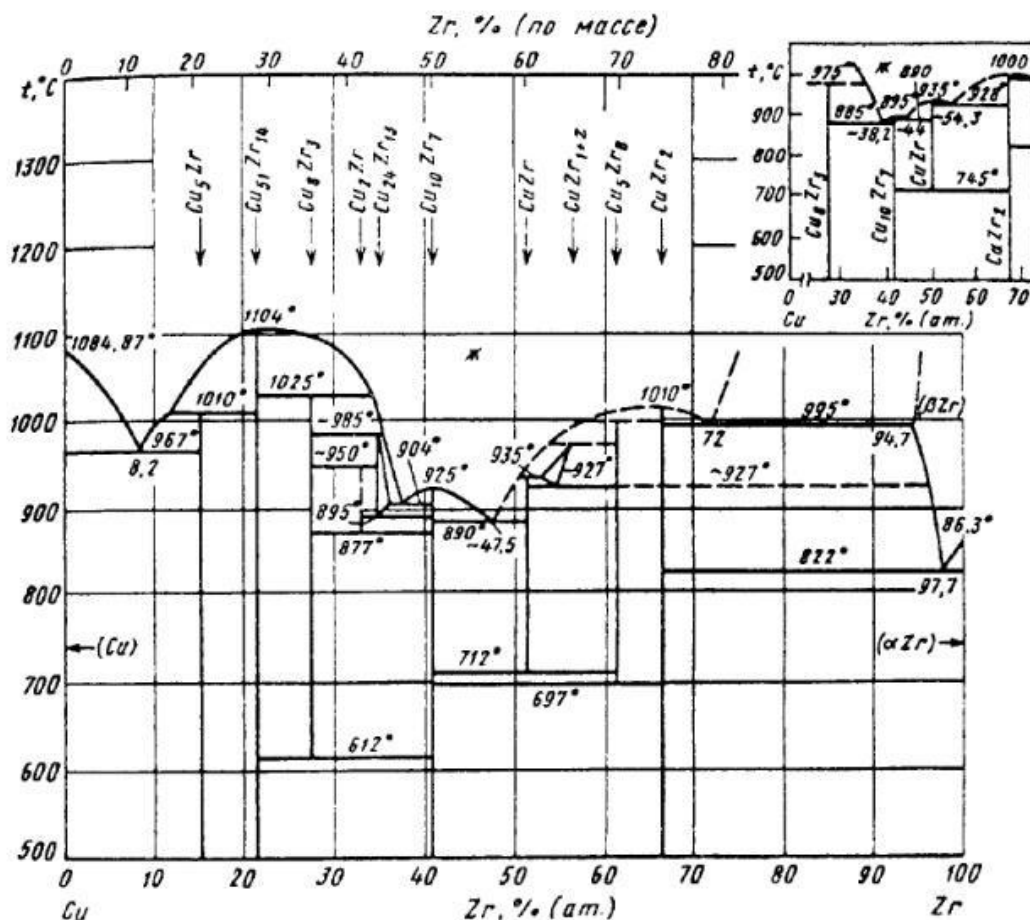
Выбрать материал для электрической изоляции монтажного провода с рабочей температурой до  $250^\circ\text{C}$  в условиях высокой влажности и агрессивных сред. Описать способ изготовления, общее назначение материала, способ маркировки, механические и электрические свойства. Дать определение рассматриваемым механическим и электрическим свойствам.

## ВАРИАНТ 22

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Zr.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 70 % (ат.) Zr и температуры 900 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

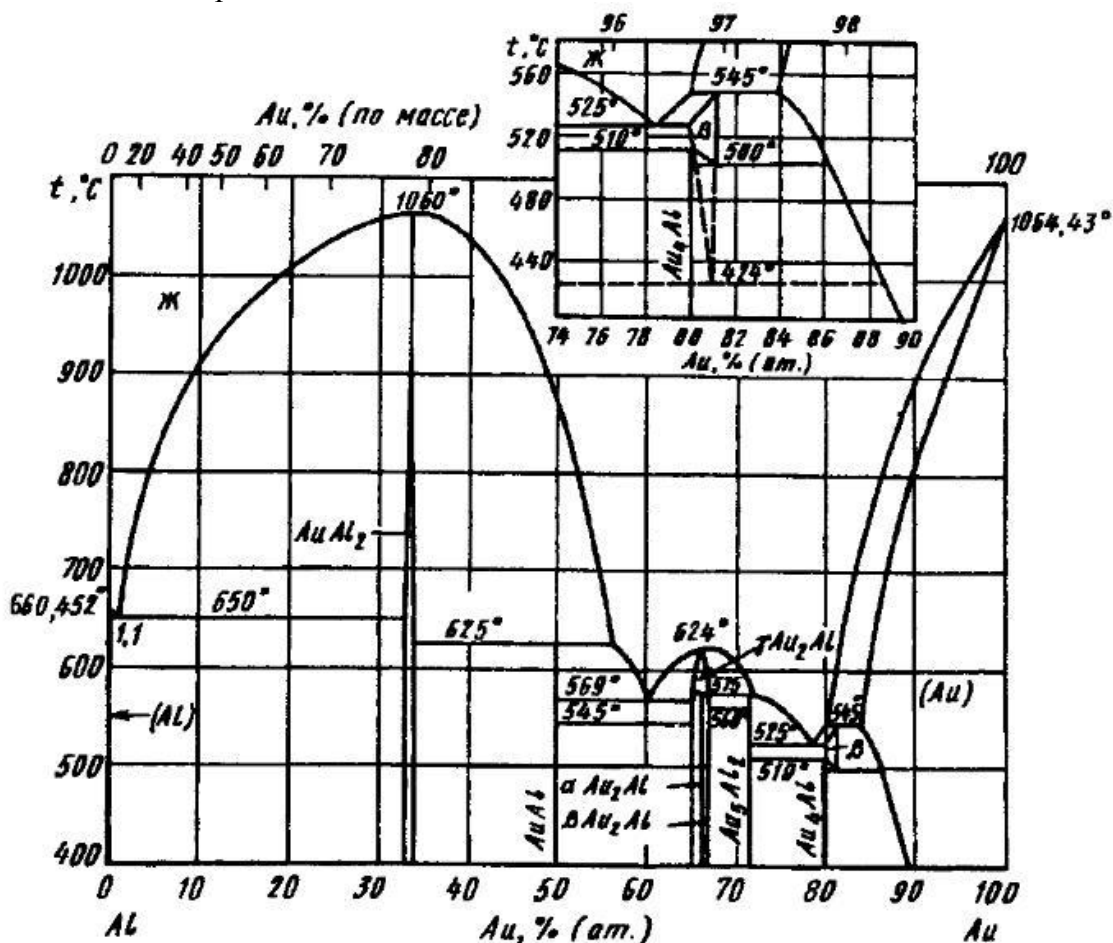
Выбрать и обосновать сталь для магнитопровода силовых трансформаторов, работающих на частоте 50 Гц. Выбрать и обосновать толщину листов. Механические напряжения, возникающие в результате обработки такой стали, в значительной степени ухудшают магнитные свойства материалов. Указать необходимый вид термической обработки. Описать общее назначение стали, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на магнитные свойства и структуру стали, дать определение рассматриваемым магнитным свойствам.

## ВАРИАНТ 23

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Al – Au.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 10 % (ат.) Au и температуры 700 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

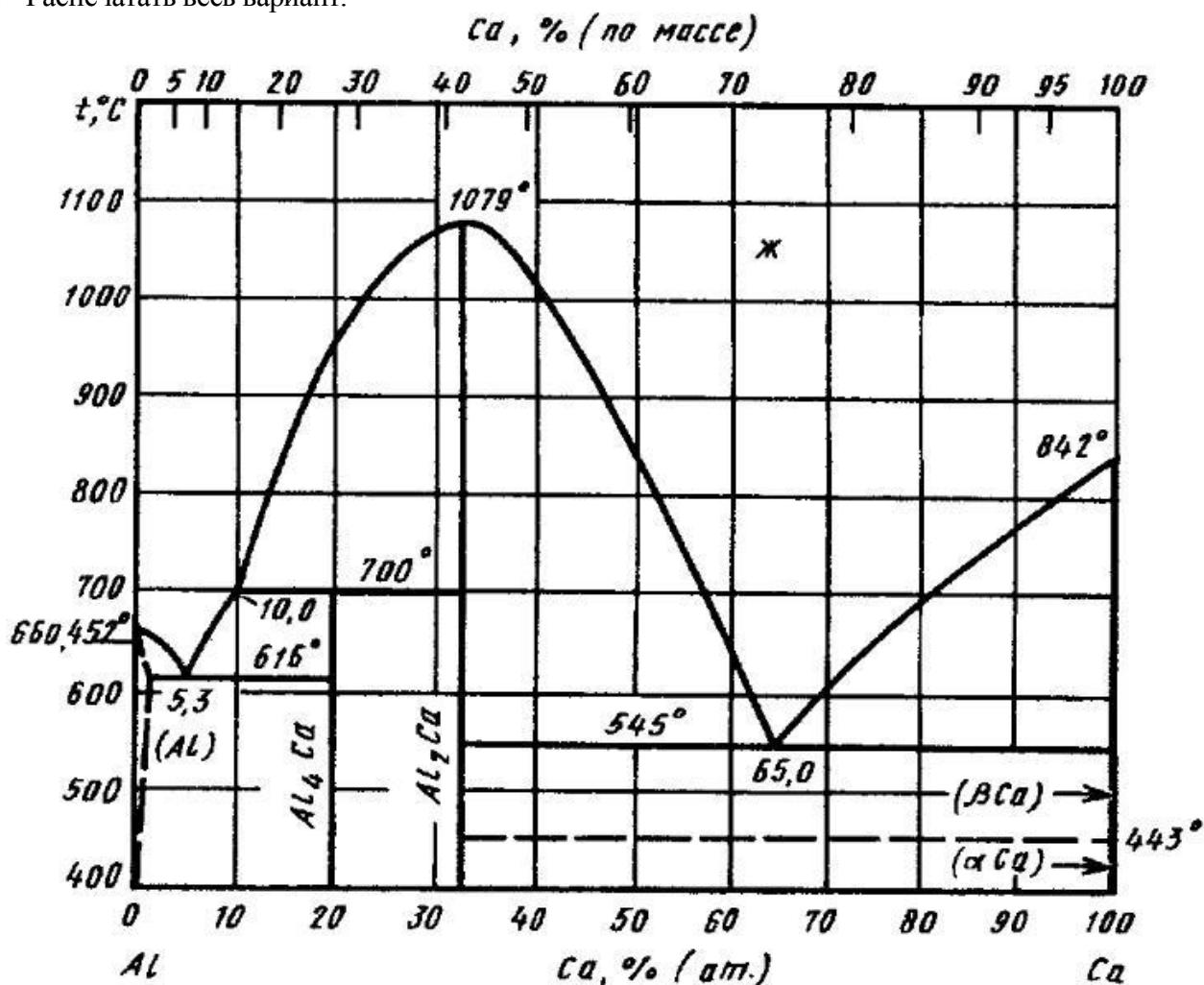
Выбрать и обосновать сталь для магнитопровода асинхронной машины переменного тока мощностью более 100 кВт. Выбрать и обосновать толщину ленты. Механические напряжения, возникающие в результате обработки такой стали, в значительной степени ухудшают магнитные свойства материалов. Указать необходимый вид термической обработки. Описать общее назначение стали, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на магнитные свойства и структуру стали, дать определение рассматриваемым магнитным свойствам.

## ВАРИАНТ 24

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Al – Ca.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 40 % (ат.) Ca и температуры 800 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

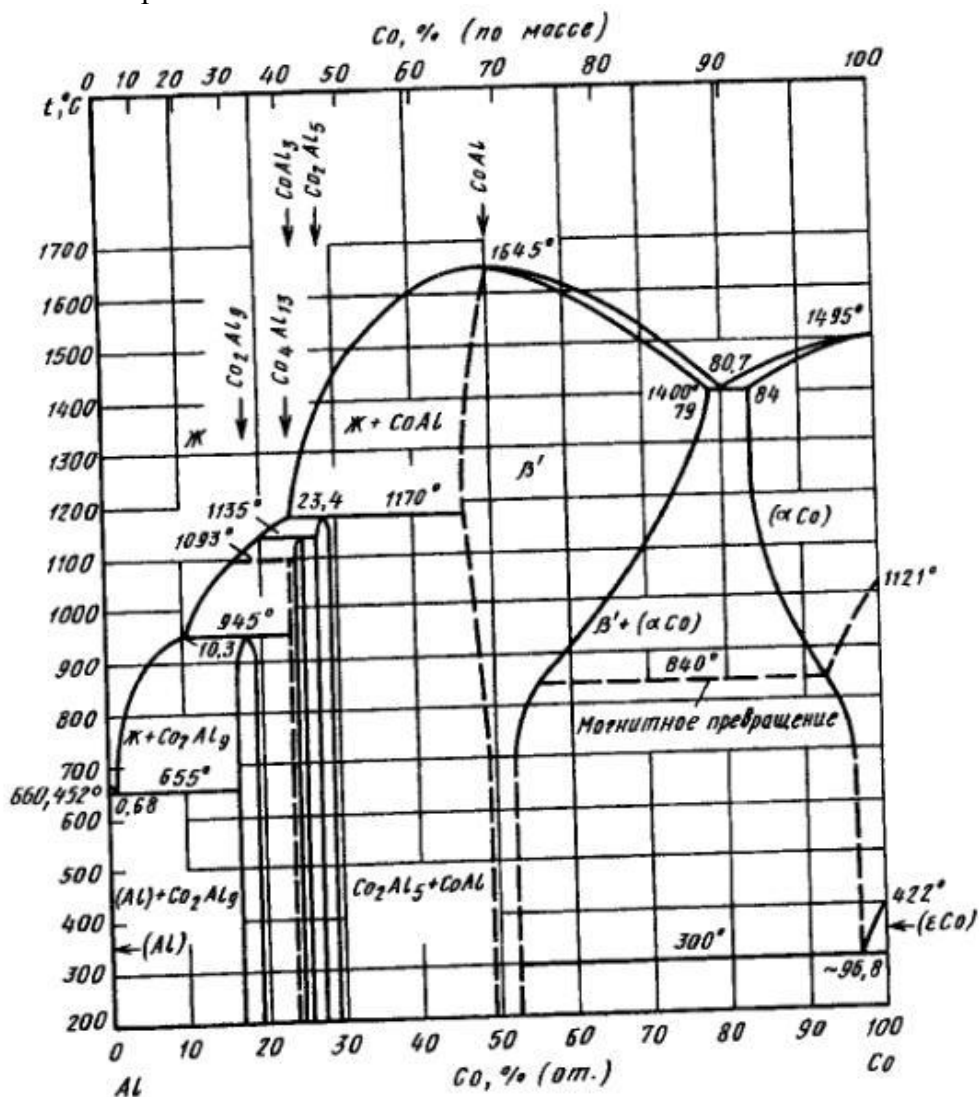
Выбрать и обосновать материал для сердечника трансформатора, работающего на частотах до 20 МГц в слабых полях при значениях индукции не более 0,1 Тл. Описать общее назначение материала, химический состав, маркировку, способ получения, дать определение рассматриваемым магнитным свойствам.

## ВАРИАНТ 25

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Al – Co.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 30 % (ат.) Co и температуры 1300 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

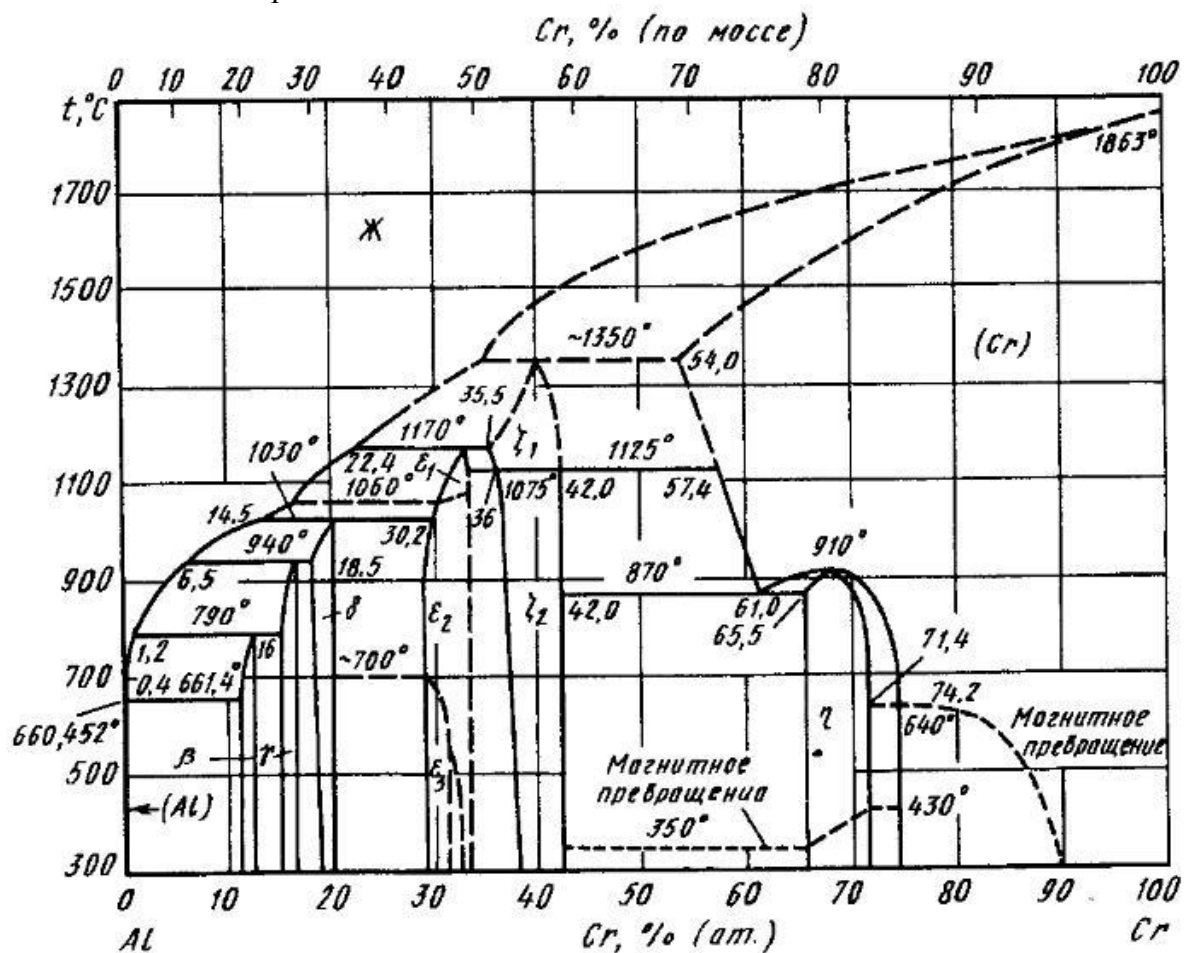
Для магнитопроводов бесконтактных магнитных элементов высокой чувствительности применяются сплавы с прямоугольной петлей гистерезиса. Выбрать и обосновать сплав с коэффициентом прямоугольности не менее 0,9. Выбрать и обосновать толщину ленты. Указать необходимый вид термической обработки. Описать общее назначение сплава, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на магнитные свойства и структуру сплава, дать определение рассматриваемым магнитным свойствам.

## ВАРИАНТ 26

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Al – Cr.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 50 % (ат.) Cr и температуры 1300 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

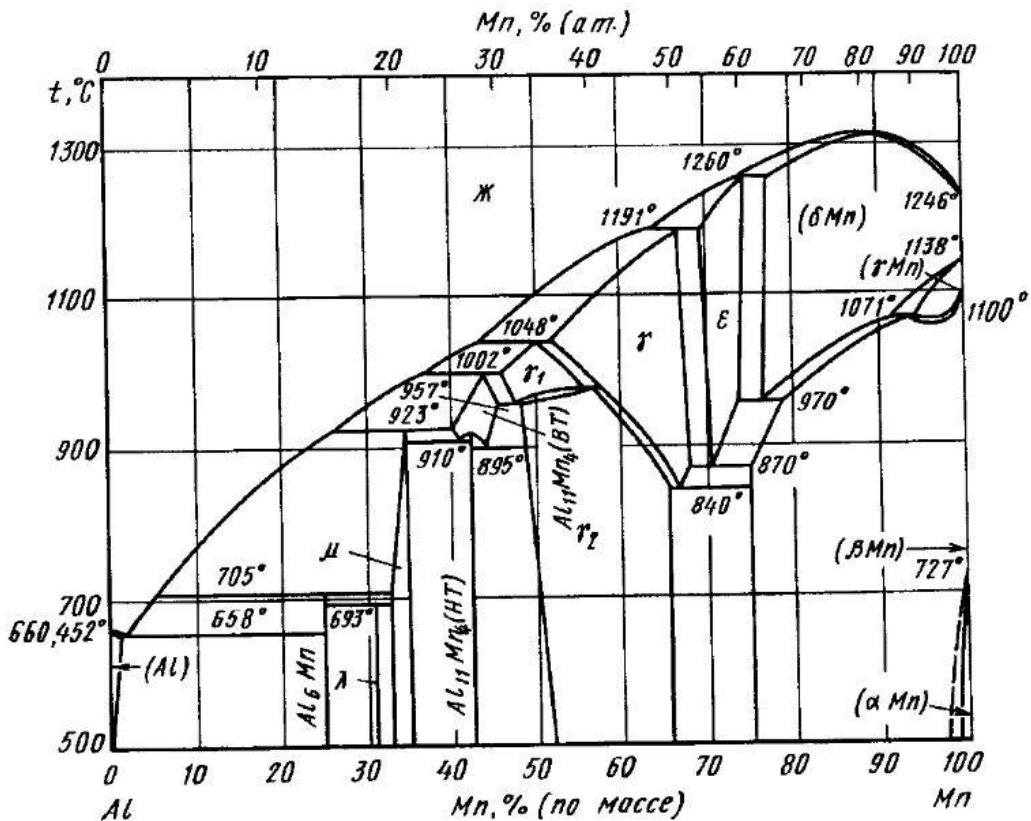
Для изготовления ленточных магнитопроводов переключающих устройств используют ленты толщиной до 1 мкм. Выбрать и обосновать сплав. Указать необходимый вид термической обработки. Описать общее назначение сплава, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на магнитные свойства и структуру сплава, дать определение рассматриваемым магнитным свойствам.

## ВАРИАНТ 27

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Al – Mn.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 20 % (вес.) Mn и температуры 800 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

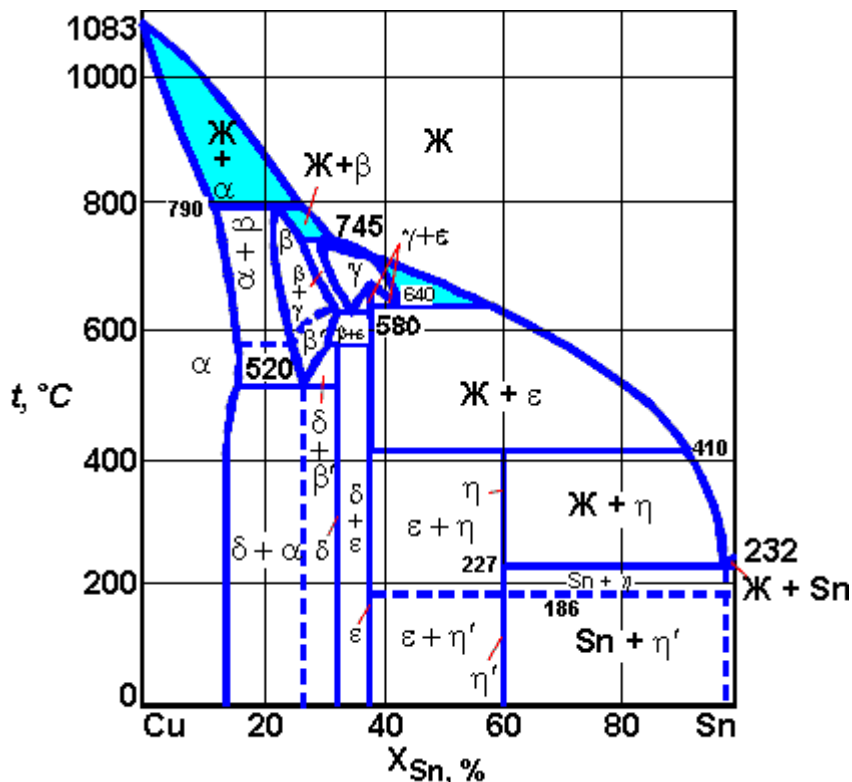
Завод должен изготовить три вала двигателей. Они должны иметь временное сопротивление растяжению не ниже 750 МПа. Однако первый вал имеет диаметр 35 мм, второй 50 мм и третий 120 мм. Выбрать сталь для изготовления валов, обосновать выбор, рекомендовать режим термической обработки и указать структуру в готовом вале. Описать общее назначение стали, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру стали, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 28

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Cu – Sn.

6. Распечатать весь вариант.



7. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
8. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
9. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
10. Для состава 60 % (вес.) Sn и температуры 600 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

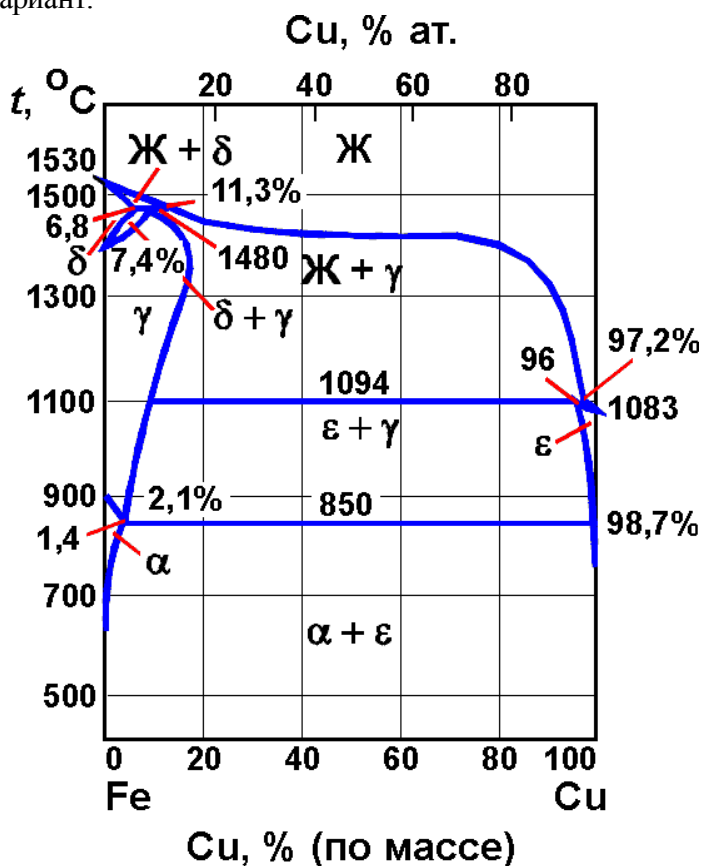
Станины станков изготавливают литьем. Временное сопротивление растяжению должно быть 200-250 МПа. Выбрать марку сплава, пригодного для изготовления станины, имеющую неодинаковую толщину в разных сечениях, указать режим термической обработки станины и структуру сплава. При решении задачи учесть, что в литой детали необходимо иметь возможно меньше напряжений, и термическая обработка должна предупредить деформацию (коробление) станины в процессе обработки и эксплуатации станка. Описать общее назначение сплава, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру сплава, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 29

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Fe – Cu.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 40 % (масс.) Cu и температуры 1300 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

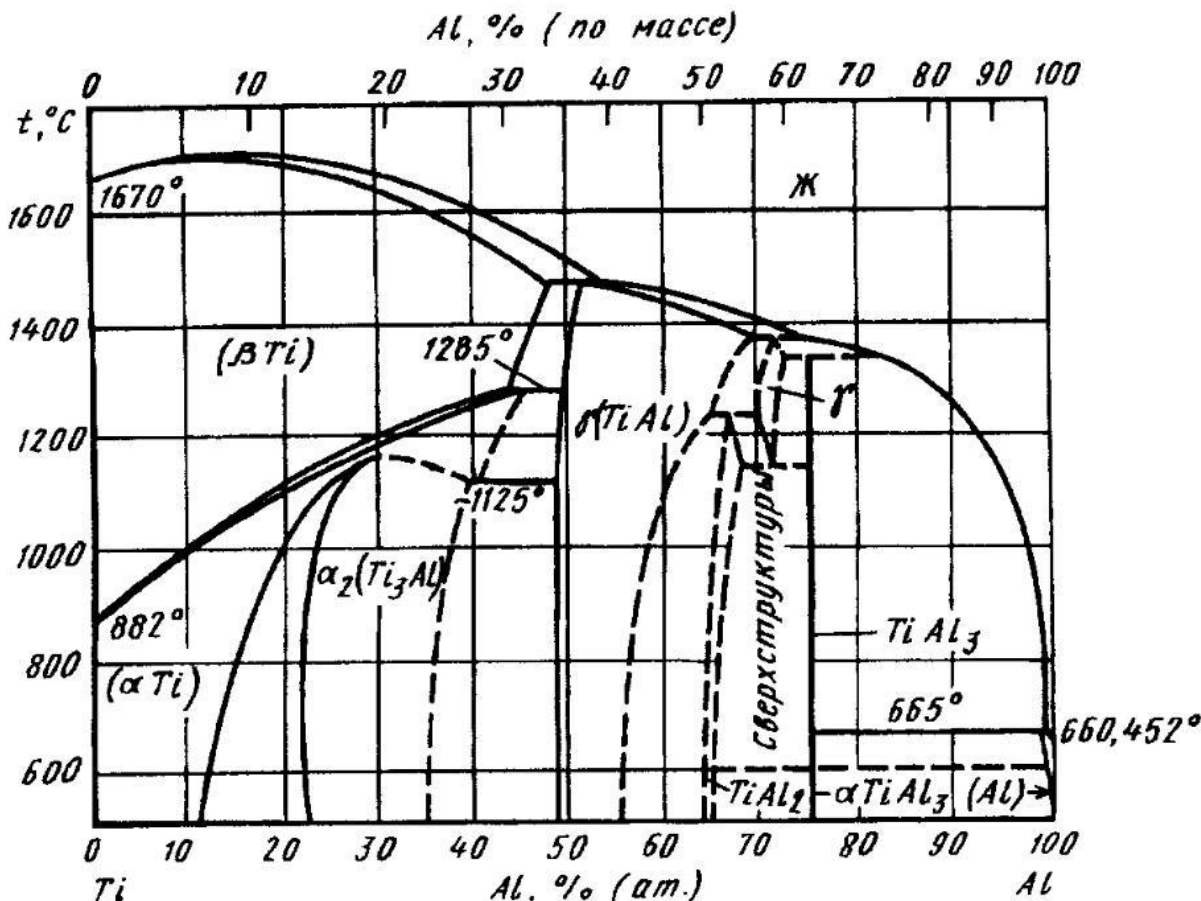
Козырьки и черпаки землечерпательных машин, изготовленные из углеродистой стали, быстро изнашиваются при интенсивной работе по грунту. Применение легированной стали с аустенитной структурой, обладающей повышенной износостойкостью при ударных нагрузках, позволяет повысить стойкость козырьков и черпаков в несколько раз. Привести марку стали, применяемой для этого, режим термической обработки, структуру и свойства и объяснить причины повышенной износостойкости в указанных условиях эксплуатации. Указать для сравнения, какую сталь следует применять для изготовления деталей, работающих в условиях трения качения одного металла по другому, не сопровождающегося ударами. Описать общее назначение стали, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру стали, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

## ВАРИАНТ 30

### I. ОСНОВЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Провести анализ  $T-x$  диаграммы состояния системы Ti – Al.

1. Распечатать весь вариант.



2. Определить температуры плавления (или распада) компонентов и соединений.
3. Найти трехфазные равновесия, назвать их и сосчитать, сколько равновесий каждого типа.
4. Пронумеровать линии фазовых равновесий и написать для каждой из фаз, какие линии к ней относятся.
5. Для состава 40 % (вес.) Al и температуры 1000 °C определить: а) какие фазы находятся в равновесии; б) химический состав каждой из фаз; в) относительное количество фаз по правилу рычага.

### II. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

Арматура котлов, работающих в условиях пресной воды и пара под давлением до 2,5 МПа (краны, вентили и т.п.), а также трубки и корпуса приборов (например, манометров), работающие в аналогичных условиях, изготавливают из цветных сплавов, стойких против коррозии. Указать состав, структуру и механические свойства: сплава с хорошими литейными свойствами и хорошей обрабатываемостью резанием для изготовления арматуры; сплава высокой пластичности в холодном состоянии для изготовления трубок и корпусов приборов. Описать общее назначение сплавов, способ маркировки, выбранные режимы термической обработки и их влияние на механические свойства и структуру сплавов, дать определение рассматриваемым механическим свойствам.

### Методические указания к заданию №1:

К выполнению задания следует приступать после изучения тем и методических пособий к этим темам. Задание выполните и оформите в определенной последовательности:

1. Выпишите задание и данные вашего варианта.
2. На миллиметровой бумаге формата А4 начертите упрощенную диаграмму, например Fe-Fe<sub>3</sub>C; справа от диаграммы оставьте место для вычерчивания кривых охлаждения и нагревания.
3. Перед вычерчиванием кривых необходимо определить содержание углерода в заданной стали по ее марке. Провести на диаграмме вертикали отвечающие составам заданных сплавов (стали и чугуна), и отметить на них критические точки превращений ( $t_1$ ,  $t_2$  и т.д.). определить приблизительные значения температуры этих точек.
4. Изобразите кривые охлаждения сплавов в соответствии с данными для вашего варианта.
5. Определить по содержанию углерода, к какой группе сталей (доэвтектоидной, эвтектоидной или заэвтектоидной) и чугунов (доэвтекктических, эвтекктических или заэвтекктических) относятся рассматриваемые вами сталь и чугун.
6. Опишите в соответствии с изображенной кривой для стали структурные превращения в трех критических точках. Описывать нужно превращения, протекающие при медленном охлаждении, и только те, которые происходят в заданной стали. При этом не забывайте, что структурные превращения, протекающие при охлаждении стали, являются обратимыми.
7. На диаграмме железо-цементит на вертикальной линии состава заданной стали нужно отметить точку температуры нагрева этой стали при закалке и сделать соответствующие пояснения на диаграмме и в тексте ответа.

Допустим вам необходимо:

1. Описать превращения и построить кривую охлаждения (с применением правила фаз) сплава, содержащего 3%С;
2. Указать структуру этого сплава при комнатной температуре и как называется этот сплав;
3. Определить для данного сплава:
  - а) химический состав фаз (содержание углерода в фазах) при температурах: 600°, 1000°;
  - б) количество каждой фазы в % при температуре 1000°.

Вначале нужно вычертить диаграмму состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C в масштабе с указанием структурных составляющих во всех областях диаграммы (См. рис. 1). Далее обозначить на диаграмме заданный сплав 3%С с указанием критических точек этого сплава (1,2,3) и отвечать на вопрос.

1. В данном сплаве при охлаждении до температуры  $t_1$  никаких фазовых превращений не происходит, идет простое физическое охлаждение жидкости.

По правилу фаз Гиббса, если система двухкомпонентная и фаза только одна – жидкая, то  $C=2-1+1=2$ . Это означает, что сплав, находясь выше линии «ликвидус», остается в однофазном состоянии при одновременном изменении температуры и концентрации состояние сплава не меняется, он остается в жидком состоянии.

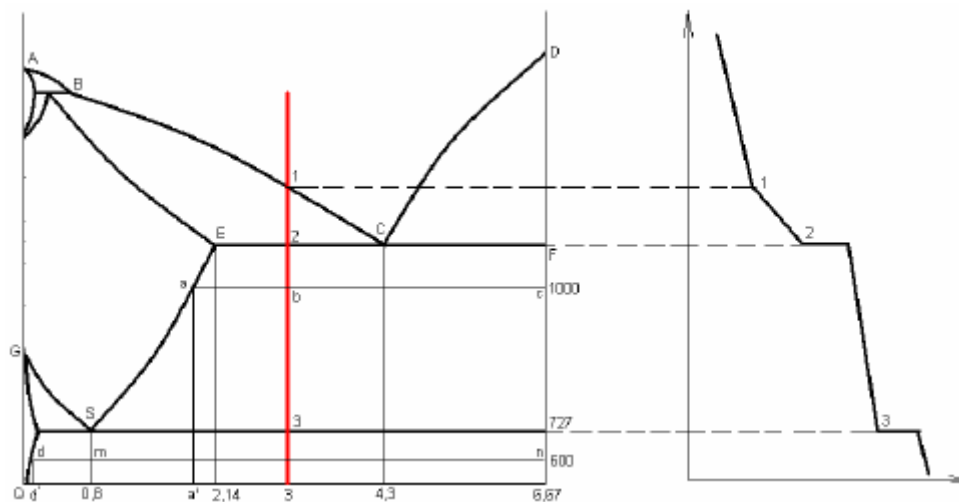


Рисунок 1

При достижении температуры  $t_1$  (линия «ликвидус») начинается процесс кристаллизации с выделения твердой фазы аустенита. Этот процесс по правилу фаз Гиббса протекает в интервале температур, так как  $C=2-2+1=1$ , то есть двухфазное состояние может сохраняться при изменении температуры или концентрации компонентов в фазах. Однако каждой температуре будут соответствовать определенные концентрации компонентов в фазах, то есть в этом случае температура сплава изменяется, сплав охлаждается.

При достижении температуры точки 2 оставшаяся жидкость будет иметь концентрацию по углероду равной 4,3%. А при такой концентрации жидкий расплав будет кристаллизоваться с образованием смеси кристаллов аустенита концентрации 2,14%С и цементита концентрации 6,67%С. Эта эвтектическая смесь называется ледебуритом. Ледебурит кристаллизуется при постоянной температуре, так как  $C=2-3+1=0$  (в равновесии три фазы: жидкость, аустенит и цементит), то есть ни один фактор не должен меняться, пока не изменится количество фаз, (горизонтальный участок на кривой охлаждения), а как только закристаллизуется вся жидкость, количество фаз будет равно двум, а значит  $C=2-2+1=1$ , то есть температура будет меняться.

При дальнейшем понижении температуры в этом сплаве происходит выделение углерода из аустенита в виде цементита. Изменение концентрации углерода в аустените происходит по линии ES. При температуре, соответствующей  $t_3$  концентрация углерода в аустените соответствует  $t_3$ , то есть 0,8%. При такой концентрации сплава, аустенит распадается на две твердые фазы: феррит концентрации углерода 0,02%С и цементит концен-

трации 6,67%С. Это превращение протекает при постоянной температуре, так как  $C=2-3+1=0$ . Механическая смесь фаз феррита и цементита называется перлит.

2. Ниже температуры т.З никаких фазовых превращений не происходит, поэтому структура этого сплава при комнатной температуре будет состоять из перлита, ледебурита и цементита вторичного. Этот сплав носит название белый доэвтектический чугун.

3. Чтобы определить, какие фазы находятся в равновесии друг с другом в любой двухфазной области диаграммы, и узнать весовые количества этих фаз, необходимо применить правило рычага (или отрезков). Для этого через заданную точку провести горизонтальную линию (коноду) вправо и влево до встречи с первыми фазовыми линиями диаграммы, полученные точки укажут физическую природу равновесных фаз, а их проекции на ось концентраций – химический состав фаз.

а) При температуре  $600^{\circ}$  в данном сплаве в равновесии 2 фазы: феррит концентрации, соответствующей точке  $d^1$  и цементит концентрации 6,67%С. При температуре  $1000^{\circ}$  в этом сплаве в равновесии 2 фазы: аустенит концентрации точки  $a^1$  и цементит концентрации 6,67%С.

б) При температуре  $1000C^0$  количество аустенита:  $A = ac/bc$ ; количество цементита:  $Ц = ac/ab$ .

### **Методические указания к заданию №2:**

1. Задание должно быть точно переписано.

2. Далее проводится анализ условий работы детали и возможных причин отказа детали в работе. Из этого вытекают требования к материалу детали и основные направления выполнения этих требований (предположительная технология изготовления детали). На этом этапе из изученных основных классов машиностроительных материалов возникает представление о тех материалах, которые, вероятно, могут обеспечить выполнение требований, предъявляемых к детали.

3. Определяются по справочнику марки материалов, их упрочняющей обработки, которые обеспечивают получение у детали требуемых механических свойств. Так как требуемые свойства могут обеспечить разные материалы, то данные о них из справочника следует представить в таблице, что сделает последующий выбор материала более наглядным. При выполнении конкретного задания анализу должно быть представлено не менее 4...5 разных вариантов возможного решения задачи.

4. Анализ каждого варианта возможного решения задачи следует привести письменно, давая характеристику каждого из возможных вариантов, учитывая при этом технологические свойства и сравнительную стоимость как материала, так и технологии изготовления детали.

5. На основе сравнения всех данных по каждому материалу следует сделать заключение, какой материал и по каким причинам в данном случае является оптимальным.

**Пример №1:** Подобрать материал и упрочняющую обработку для изготовления вала экскаватора диаметром 100 мм, предусмотренного для работы в открытых карьерах в условиях Сибири. Требуемые значения  $\sigma_T \geq 700$  МПа, твердость шейки вала  $\geq 55$  HRC. Изготовление деталей серийное.

1. *Анализ условий работы детали:* Вал работает в условии изгиба, т. е. при не особо высокой жесткости нагружения, коэффициент жесткости при этом (отношение наибольшего диаметра вала к предполагаемой длине вала)  $0,5 < \alpha < 0,8$ . В условиях Сибири, где зимой низкие температуры, от детали требуется особенно высокая надежность (сопротивление хрупкому разрушению). Это обеспечивается при использовании стали со сквозной прокаливаемостью, что необходимо учесть кроме удовлетворения требуемого значения  $\sigma_T$ , и твердости шеек вала.

2. *Выбор материала и упрочняющей обработки валов:* При изучении механических свойств углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,5% выявляется, что требуемое значение  $\sigma_T$ , после термической обработки можно обеспечить в сечениях до 20 мм. Поэтому из этих сталей изготовление детали не представляется возможным. Требуемые свойства можно обеспечить только использованием легированных сталей. В таблице приводятся механические свойства легированных сталей, термическая обработка, а также значения критических диаметров.

Механические свойства легированных сталей

Марка стали	Термообработка	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ Дж/см <sup>2</sup>	$D_k$ , мм	
		МПа					50	95
18ХГТ	ц + з, 810 <sup>0</sup> С + о, 200 <sup>0</sup> С	800	1000	9	50	80	40	30
20ХГР	ц + з, 880 <sup>0</sup> С + о, 200 <sup>0</sup> С	1240	1520	11,5	55	81	90	60
30ХН3А	з, 820 <sup>0</sup> С + о, 530 <sup>0</sup> С	800	1000	10	50	80		$\geq 100$
40ХНМА	з, 850 <sup>0</sup> С + о, 620 <sup>0</sup> С + з, ТВЧ + о, 180 <sup>0</sup> С	1000	1100	12	50	80	120	90

3. *Анализ рассматриваемых материалов:* Сталь **18ХГТ** после закалки и низкого отпуска обеспечивает требуемое значение  $\sigma_T$ . Закалка и низкий отпуск после цементации обеспечивает требуемую твердость шеек валов, но прокаливаемость низкая (значит, следует ожидать, что в крупном сечении эта сталь не обеспечит требуемую конструкционную прочность.).

Сталь **20ХГР** выбрана потому, что легирование бором повышает прокаливаемость. Однако и эта сталь имеет  $D_{95} = 60$  мм. Поэтому, несмотря на высо-

кую статическую прочность в малых сечениях, в надежности деталей диаметром 100 мм уверенности нет. Против стали 20ХГР говорит и наличие в составе стали марганца, который при длительном процессе цементации может вызвать рост зерна и охрупчивание материала, по этой причине.

Как видно, основная трудность при выборе материала заключается в достижении требуемой прокаливаемости. Так как никель сильно увеличивает прокаливаемость, то рассмотрим сталь **30ХН3А**. После проведения необходимой (см. таблицу 1) термообработки сталь приобретает требуемое значение  $\sigma_T$  и нужную прокаливаемость. Однако высокий отпуск не обеспечивает требуемой твердости шеек вала. По полосе прокаливаемости видно, что максимальную твердость после закалки эта сталь может дать лишь 52 HRC. т. е. ниже требуемой. Поэтому требуемые свойства эта сталь может обеспечить только после цементации, закалки и низкого отпуска. Однако эта технология дорогая. Кроме того, дорога и дефицитна сама сталь из-за повышенного содержания никеля.

Сталь **40ХНМА** имеет больше углерода, чем сталь 30ХН3А и меньше никеля. По полосе прокаливаемости видно, что после закалки эта сталь может обеспечить требуемую твердость. Поэтому в таблице приводятся данные об этом материале. Улучшение обеспечивает требуемое значение  $\sigma_T$ , при почти полной прокаливаемости. Положительно наличие молибдена в стали, так как нет опасности отпускной хрупкости второго рода после высокотемпературного отпуска. Для обеспечения требуемой твердости шеек вала после улучшения следует провести поверхностную закалку с нагревом ТВЧ и низкий самоотпуск. Поверхностная закалка шеек вала создает в поверхностных слоях шейки напряжения сжатия, что повышает сопротивление усталости. Так как в месте перехода шейки вала в утолщенную часть при закалке ТВЧ возникает участок, где действуют растягивающие напряжения, то во избежание этого галтель в месте перехода необходимо подвергнуть обжатию обкаткой роликами.

**Вывод:** Оптимальное решение задачи - выбор стали 40ХНМА. Эта сталь содержит минимальное количество никеля, поэтому дешевле стали 30ХН3А. Технология изготовления валов проще и дешевле.