

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
Сибирский колледж транспорта и строительства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

ОПЦ. 13. Материаловедение

для специальности

21.02.03. Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и
газонефтехранилищ

Иркутск 2023

РАССМОТРЕНО:

Цикловой методической комиссией
специальности 21.02.03 Сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и газонефтехранилищ
Протокол № 9
«31» мая 2023 г.
Председатель ЦМК: Подбельская Д.Н.

Разработчик: Фролова Оксана Валентиновна, преподаватель высшей категории Сибирского колледжа транспорта и строительства ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторные работы.....	6
1. Макроскопический анализ.....	6
2. Микроскопический анализ.....	9
3. Микроанализ железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии.....	11
Список использованных источников.....	44

Введение

Дисциплина ОПЦ.13.Материаловедение является частью программы подготовки специалиста среднего звена в соответствии с ФГОС СПО по специальности 21.02.03. Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

Актуальность изучаемой дисциплины обусловлена значимостью знаний о материалах, умений исследования их свойств и качества в будущей профессиональной деятельности обучающихся.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- строение и свойства материалов;
- методы оценки свойств материалов;
- области применения материалов;
- классификацию и маркировку основных материалов;
- способы обработки материалов.

Методические указания по выполнению лабораторных работ по учебной дисциплине «Материаловедение» предназначены для обучающихся 1/2 курса специальности 21.02.03. Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

Лабораторные работы проводятся с целью:

- приобретения навыков работы по исследованию и испытанию разнообразных материалов, проведению основных операций термической обработки;
- закрепление изученного теоретического материала.

Выполнение обучающимися лабораторных работ направлено на формирование общих профессиональных компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ПК 1.1. Выполнять строительные работы при сооружении, реконструкции и ремонте объектов трубопроводного транспорта, хранения, распределения газа, нефти, нефтепродуктов.

ПК 1.3. Обеспечивать выполнение работ по планово-предупредительному ремонту и реконструкции объектов трубопроводного транспорта, хранения, распределения газа, нефти, нефтепродуктов.

ПК 2.5. Обеспечивать проведение мероприятий по повышению надежности и эффективности эксплуатации объектов трубопроводного транспорта, хранения, распределения газа, нефти, нефтепродуктов.

Лабораторные работы
лабораторная работа № 1
Макроскопический анализ

Цель работы: получить навыки макроанализа металлов и сплавов.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен
уметь: проводить исследования и испытания материалов;
знать: строение и свойства металлов, методы их исследования.

Краткие теоретические сведения.

Макроскопический анализ - это определение строения материалов невооруженным глазом или через лупу при небольших увеличениях (до 30 раз).

Методом макроанализа определяют:

- вид излома – вязкий, хрупкий, нафталинистый, камневидный и т.д.;
- нарушения сплошности металла – усадочную рыхлость, центральную пористость, подкорковые пузыри, межкристаллитные трещины, флокены в стали, дефекты сварки (непровары, газовые пузыри и т.п.);
- дендритное строение, зону транскристаллизации в литом металле;
- химическую неоднородность литого металла (ликвацию) и грубые включения;
- волокнистую структуру деформированного металла.

Макроструктура может быть исследована непосредственно на поверхности заготовки или детали в изломе или, что делается чаще, на вырезанном образце (темплете) после его шлифования и травления специальным реагентом.

Наиболее простой способ макроанализа – исследование излома, по виду которого определяют характер разрушения (хрупкий, вязкий или смешанный). Вязкий излом обычно имеет матовую волокнистую поверхность, а хрупкий – блестящую кристаллическую.

Образец (темплет) металла, поверхность которого подготовлена для макроанализа, называется макрошлифом.

Приготовление макрошлифов.

Образец для макроанализа вырезают в определенном месте и в определенной плоскости в зависимости от того, что подвергают исследованию – отливку, поковку, штамповку, прокат, сварную или термически обработанную деталь, и что требуется выявить и изучить - первичную кристаллизацию, дефекты, нарушающие сплошность металла, неоднородность структуры. В связи с этим образцы вырезают из одного или нескольких мест слитка, заготовки

или детали как в продольном, так и в поперечном направлении.

Поверхность образца для макроанализа обрабатывают на фрезерном или строгательном станке (если материал с невысокой твердостью) или на плоскошлифовальном станке (если материал твердый). Для получения более гладкой поверхности образец шлифуют вручную. При шлифовании по поверхности образца водят шлифовальной шкуркой, обернутой вокруг деревянного бруска. Шлифование начинают шкуркой с наиболее грубым абразивным зерном, затем постепенно переходят на шлифование с более мелким зерном. При переходе с одного номера шкурки на другой направление шлифования меняют на 90°. После шлифования образцы протирают ватой и подвергают травлению растворами кислот.

Методы макроанализа.

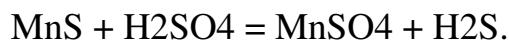
1. Исследование излома, по виду которого определяют характер разрушения (хрупкий, вязкий или смешанный). Вязкий излом обычно имеет матовую волокнистую поверхность, а хрупкий – блестящую кристаллическую. Смешанный излом имеет области вязкого и хрупкого разрушения.

2. Выявление неоднородности распределения (ликвации) серы производится по методу Баумана.

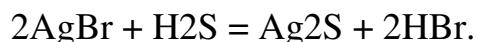
Для этого макрошлиф протирают ватой, смоченной спиртом, а затем на отшлифованную поверхность накладывают лист бромсеребряной фотобумаги, предварительно вымоченной на свету в 5 %-ном растворе серной кислоты в течение 5-10 минут и слегка просушенной фильтровальной бумагой. Бумагу приглаживают сверху рукой или резиновым валиком для удаления пузырьков образующихся газов и выдерживают на макрошлифе в течение 3-15 минут. Полученный отпечаток промывают в воде, фиксируют в 25%-ном водном растворе гипосульфита, снова промывают в воде и просушивают.

Полученные на фотобумаге участки коричневого цвета указывают на места, обогащенные серой (скопление сульфидов). Если фотобумага имеет равномерную окраску, следовательно, сера распределена равномерно.

Появление темных участков в местах, обогащенных серой, объясняется тем, что сначала между серной кислотой, пропитавшей фотобумагу и включениями MnS, в виде которых сера находится в стали, происходит следующая реакция:



Образующийся сероводород действует на бромистое серебро эмульсионного слоя, в результате получается сернистое серебро, имеющее темно-коричневый цвет:



1. Выявление дефектов методом глубокого травления производится следующим образом:

а) отшлифованную поверхность образца протирают ватой, смоченной спиртом;

б) в водяную баню, установленную в вытяжном шкафу (так как при травлении выделяются ядовитые газы), помещают фарфоровую ванну с реактивом, состоящим из 100 мл HCl и 100 мл воды, и нагревают до температуры 60-70°C;

в) образец при помощи щипцов погружают в горячий реактив и выдерживают в нем от 10 до 45 минут;

г) после выдержки образец при помощи щипцов вынимают из реактива, промывают водой, а затем 10-15 %-ным водным раствором азотной кислоты и просушивают.

Кислота более сильно растворяет дефекты, чем сплошной металл, и они видны невооруженным глазом.

1. Выявление ликвации фосфора, поверхностных дефектов производят методом поверхностного травления макрошлифа или сварного соединения в реактиве Гейна (53 г NH₄Cl, 85 г CuCl₂ в 1000 мл воды) при 20 °C:

а) макрошлиф протирают ватой, смоченной спиртом;

б) образец погружают в реактив и выдерживают 1-2 мин, пока вся его поверхность не покроется медью;

в) струей воды с поверхности смывают слой меди и просушивают образец.

Более темные места показывают расположение дефектов (пор, ликвации фосфора и др.)

Оборудование:

Образцы материалов, лупа, вата, спирт, фотобумага, фильтровальная бумага, реактивы (H₂SO₄, HCl, NH₄Cl, CuCl₂), фотографии макроструктур.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методы макроанализа и кратко описать их.

2. Исследовать изломы образцов и определить характер разрушения.

3. Выявить ликвацию серы по методу Баумана и зарисовать полученный на фотобумаге отпечаток.

3. Изучить различные виды дефектов макростроения по фотографиям и зарисовать их.

1. Изучить методы макроанализа и кратко описать их.

2. Исследовать изломы образцов и определить характер разрушения.

3. Выявить ликвацию серы по методу Баумана и зарисовать полученный на фотобумаге отпечаток.

3. Изучить различные виды дефектов макростроения по фотографиям и зарисовать их.

Контрольные вопросы:

- 1.Что такое макроанализ?
- 2.Для чего предназначен макроанализ?
- 3.Какие образцы используют для макроанализа?
- 4.Что можно определить по излому образца?
- 5.Как готовится макрошлиф?
- 6.Какие виды дефектов можно выявить с помощью макроанализа?
- 7.Что такое ликвация?
- 8.Каким методом выявляется ликвация серы?
- 9.Каким методом выявляется ликвация фосфора?
- 10.Какова технология глубокого травления макрошлифов?

Лабораторная работа № 2

Микроскопический анализ.

Цель работы:

получить навыки работы с металлографическим микроскопом, навыки травления шлифа.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен
уметь: проводить исследования и испытания материалов;
знать: строение и свойства металлов, методы их исследования.

Краткие теоретические сведения.

Микроанализ – изучение строения металлов и сплавов с помощью металлографических микроскопов при увеличении в 50 – 2000 раз. При помощи микроанализа определяют:

1. форму и размеры кристаллических зерен, из которых состоит металл или сплав;
2. изменение внутреннего строения сплавов, происходящее под влиянием различных режимов термической и химико-термической обработки, а также после внешнего механического воздействия на сплав;
3. микродефекты металла – микротрещины, раковины и т.п.;
4. неметаллические включения – сульфиды, окислы и др.

Микроскопический анализ включает приготовление микрошлифов и исследование их с помощью металлографического микроскопа.

Приготовление микрошлифов.

Микрошлиф – образец металла, поверхность которого подготовлена для микроанализа. Удобной является цилиндрическая форма образца диаметром 12 мм и высотой 10 мм, прямоугольная форма с площадью основания 12x12 мм и высотой 10 мм. Образцы небольшого сечения монтируют заливкой в специальных оправах; в зажиме запрессовывают в пластмассу.

На вырезанном образце выравнивают поверхность, предназначенную для микроанализа. Получение плоской поверхности достигается опиливанием напильником (если материал мягкий) или заточкой абразивным кругом (если материал твердый).

Полученную поверхность образца шлифуют наждачной шкуркой с зернами различных размеров (сначала образец обрабатывается шкуркой с крупным зерном продольно, а затем шкуркой с мелким зерном поперечно до тех пока не исчезнут насечки, оставленные шкуркой с крупным зерном).

Шлифуют на шкурке (вручную), положенной на толстое стекло или на специальных шлифовальных станках. После шлифования образец полируют пастами до зеркального блеска. По зеркальной поверхности образца, полученной после полирования, нельзя судить о строении сплава. Только неметаллические включения (сульфиды, оксиды, графит в сером чугуне) резко выделяются на светлом фоне полированного шлифа вследствие их окрашенности в различные цвета. Поэтому виды и форму неметаллических включений, присутствующих в стали или сплаве, определяют на нетравленном шлифе.

Для выявления микроструктуры полированную поверхность образца подвергают травлению в растворах кислот, щелочей или солей. Для этого шлифованный образец с помощью никелированных щипцов опускают в чашку с реактивом или на поверхность микрошлифа капают реактив, выдерживают обычно несколько секунд. Затем микрошлиф промывают водой, протирают ватой, смоченной спиртом и просушивают фильтровальной бумагой. Признаком протравливания является потускнение поверхности. Сущность травления заключается во взаимодействии реактива с поверхностью металла, при котором отдельные структурные составляющие в различной степени растворяются или окрашиваются. Структура металла становится рельефной и под микроскопом хорошо различаются различные структурные составляющие (зерна металла, дефекты, неметаллические включения и др.). Затем приготовленный микрошлиф исследуют под металлографическим микроскопом.

Оборудование:

Металлографический микроскоп, образцы для микроанализа, реактивы для травления, спирт, фарфоровая чашка, вата, фильтровальная бумага.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с технологией приготовления микрошлифа и кратко ее описать.
2. Ознакомиться с конструкцией и правилами работы на металлографическом микроскопе.
3. Установить нетравленый микрошлиф на предметный столик.
4. Сфокусировать изображение.
5. Рассмотреть поверхность образца и выявить неметаллические включения.
6. Произвести травление образца, капнув на его поверхность реактив, выдержать несколько секунд, промыть водой, протереть спиртом и просушить поверхность.
7. Исследовать протравленный образец под микроскопом и зарисовать микроструктуру.

Контрольные вопросы:

1. Что такое микроанализ?
2. Для чего предназначен микроанализ?
3. Как готовят микрошлиф?
4. Для чего применяют травление микрошлифов?
5. Какое строение имеют металлы?
6. Чем отличается кристаллическое строение от аморфного?
7. Что такое кристаллическая решетка?
8. Какие типы кристаллических решеток характерны для металлов?
9. Что такое анизотропия?
10. Что такое полиморфизм или аллотропия?

Лабораторная работа № 3

Микроанализ железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии

Цель работы:

получить навыки микроанализа сталей и белых чугунов с различным содержанием углерода и установить связь между структурами и диаграммой состояния железо-цементит.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен

уметь: проводить исследования и испытания материалов; анализировать фазовые и структурные превращения в сплавах по диаграмме состояния; построить диаграмму состояния сплава, используя данные термического анализа;

знатъ: строение и свойства металлов, методы их исследования; закономерности процессов структурообразования металлов и сплавов; основы теории сплавов.

Краткие теоретические сведения.

Микроструктура технического железа и углеродистых сталей в равновесном состоянии.

Микроструктура технического железа и углеродистых сталей для равновесных условий характеризуется нижней левой частью диаграммы состояния железо – цементит (рис.1).

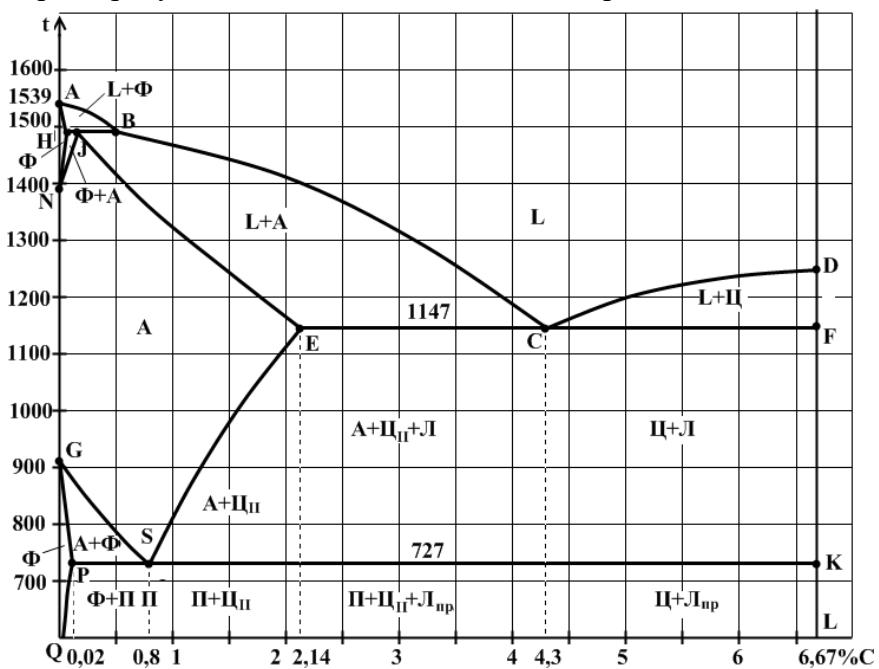


Рис.1 Диаграмма состояния железо-цементит

Сплавы с содержанием до 0,02% С называются **техническим железом**, от 0,02 до 0,8% С – **доэвтектоидными стальми** и от 0,8 до 2,14% С – **заэвтектоидными**. Сплав с содержанием 0,8% С называется **эвтектоидной сталью**.

С понижением температуры растворимость углерода в альфа-железе понижается. При температуре 727°C в альфа-железе растворяется 0,02 % С, а при комнатной температуре 0,006% С. В связи с этим техническое железо с содержанием до 0,006% С имеет структуру только твердого раствора углерода в альфа-железе, т.е. **феррита**.

В техническом железе с содержанием от 0,006% до 0,02% С в связи с понижением растворимости углерода в альфа-железе при понижении температуры из феррита по границам зерен выделяется цементит третичный и структура таких сплавов состоит из феррита и третичного цементита (**цементит** - это химическое соединение железа и углерода).

При первичной кристаллизации сталей образуется **аустенит** – твёрдый раствор углерода в гамма-железе (перитектическое превращение не влияет на окончательную структуру сталей, поэтому здесь не рассматривается), которая существует вплоть до линии GSE.

При дальнейшем охлаждении доэвтектоидных сталей от линии GS до линии PS (727 °C) из аустенита выделяется феррит и содержание углерода в аустените достигает 0,8 %. При температуре 727 °C происходит **эвтектоидная реакция** с образованием из аустенита перлита. Таким образом, доэвтектоидные стали в равновесном состоянии при комнатной температуре имеют структуру, состоящую из феррита и перлита.

У эвтектоидной стали при температуре 727°C аустенит сразу превращается в перлит, так как он содержит 0,8 % С. При комнатной температуре микроструктура эвтектоидной стали (0,8% С) состоит из перлита.

Перлит - это эвтектоид- механическая смесь феррита и цементита, получающаяся в результате распада аустенита, содержащего 0,8% С, при температуре 727°C.

После травления 4%-ной азотной кислотой в спирте на шлифе получается микрорельеф. Это объясняется тем, что феррит, обладающий меньшим электротехническим потенциалом, чем цементит, более интенсивно растворяется в кислоте. На микроструктуре перлита общий светлый фон – феррит, выступающие пластины – цементит, темные места – тени.

В доэвтектоидной стали после травления феррит выявляется в виде светлых полей, а перлит в виде полей полосчатого строения.

Количество перлита и феррита в доэвтектоидной стали зависит от содержания углерода. С увеличением содержания углерода количество феррита уменьшается, а количество перлита увеличивается.

Сталь с содержанием от 0,8 до 2,14% С называется заэвтектоидной и имеет структуру, состоящую из перлита и вторичного цементита. Вторичный цементит выделяется из аустенита при охлаждении от температуры Ast (линия SE) до температуры Ar1 (линия PSK).

При медленном охлаждении вторичный цементит выделяется в виде сетки по границам зерен аустенита. При достижении температуры Ar1 (727 °C) аустенит превращается в перлит. В результате медленного охлаждения заэвтектоидная сталь имеет структуру перлита и сетку цементита. Чем больше углеродов в заэвтектоидной стали, тем более массивной (толстой) получается цементитная сетка.

Микроструктура белых чугунов.

В белых чугунах весь углерод находится в связанном состоянии, т.е. в виде цементита. Белые чугуны в зависимости от содержания углерода разделяются на **доэвтектический** (2,14 – 4,3% С), **эвтектический** (4,3%) и **заэвтектический** (от 4,3 до 6,67% С) (рис.3). Во всех белых чугунах имеется цементитная эвтектика (**ледебурит** – смесь аустенита и цементита). Эвтектический белый чугун состоит только из одного ледебурита, поэтому рассмотрение структуры белого чугуна целесообразно начинать со структуры эвтектического белого чугуна.

Микроструктура эвтектического белого чугуна состоит только из одного ледебурита, образующегося при 1147° С при эвтектической кристаллизации жидкого сплава с содержанием 4,3% С и состоящего из эвтектического цементита и аустенита, содержащего 2,14% С. При последующем охлаждении вследствие уменьшения растворимости углерода в аустените (линия SE на диаграмме железо – цементит), из аустенита выделяется (как и в заэвтектоидных стальях) вторичный цементит. Вторичный цементит сливаются с цементитом эвтектическим, поэтому в

структуре эвтектики невозможно указать, где находится в отдельности эвтектический цементит и вторичный цементит. При температуре 727° С аустенит превращается в перлит. Таким образом после полного охлаждения эвтектический белый чугун состоит из ледебурита превращённого (цементита и перлита).

В доэвтектических белых чугунах при первичной кристаллизации вначале выделяется аустенит. При температуре 1147°С происходит эвтектическая реакция с образованием ледебурита (аустенит+цементит). При дальнейшем охлаждении в белых чугунах, как и в заэвтектоидных сталях происходит выделение вторичного цементита из аустенита.

В белых чугунах с низким содержанием углерода (ближким к 2,14% С) вторичный цементит выделяется достаточно отчетливо, так как в таких чугунах мало ледебурита. С увеличением содержания углерода, когда ледебурита становится достаточно много, вторичный цементит в структуре сливаются с цементитом ледебурита (эвтектическим). Таким образом, по достижении температуры 727 °С аустенит содержит 0,8 % С и происходит эвтектоидное превращение аустенита в перлит. При комнатной температуре доэвтектические белые чугуны состоят из перлита, вторичного цементита и ледебурита превращённого (перлит+цементит).

При кристаллизации заэвтектического белого чугуна вначале выделяется первичный цементит в виде пластин или игл, который при дальнейшем охлаждении не претерпевает превращений. Дальнейшие превращения происходят как у эвтектического белого чугуна. Микроструктура заэвтектического белого чугуна при комнатной температуре состоит из ледебурита превращённого (перлит+цементит) и первичного цементита.

Оборудование:

металлографический микроскоп, набор микрошлифов железа, углеродистых сталей и белых чугунов (с различным содержанием углерода) в равновесном состоянии или фотографии микроструктур.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить микроструктуры технического железа, углеродистых сталей и белых чугунов в равновесном состоянии и зарисовать их в графе 4 протокола микроанализа. Фазы и структурные составляющие указывать стрелками и около стрелок в графике 5 написать их наименование.
2. В графике 3 указать содержание углерода в сплавах.
3. Изучить превращения, происходящие в железоуглеродистых сплавах при охлаждении.
4. В графике 6 дать схематичное описание превращений, происходящих при охлаждении сплавов.

Протокол микроанализа железоуглеродистых сплавов.

№ п/п	Наименование и марка сплава	Содержание углерода в %	Микроструктура		Схема превращений, происходящих при охлаждении сплава
			Зарисовка	Наименование	
1	2	3	4	5	6
1	Техническое железо				
2	Доэвтектоидная сталь				
3	Эвтектоидная сталь				
4	Заэвтектоидная сталь				
5	Доэвтектический чугун				
6	Эвтектический чугун				
7	Заэвтектический чугун				

Контрольные вопросы:

1. Что такое сталь?
2. Что такое чугун?
3. На какие группы делятся стали по структуре в равновесном состоянии?
4. Какое содержание углерода имеют доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные стали?
5. На какие группы делятся чугуны по структуре в равновесном состоянии?
6. Какое содержание углерода имеют доэвтектические, эвтектические и заэвтектические чугуны?
7. Что такое феррит?
8. Что такое аустенит?
9. Что такое цементит?
10. Что такое перлит?
11. Что такое ледебурит?
12. При каких температурах происходят эвтектическая и эвтектоидная реакции?

Список использованных источников:

1. Основная литература:

1. Стуканов, В. А. Материаловедение: учебное пособие / В.А. Стуканов. — Москва: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 368 с. — (Среднее профессиональное образование).

2. Дополнительная литература:

1. Традиционные и перспективные стали для строительства магистральных газонефтепроводов : монография / Л. А. Ефименко, О. Ю. Елагина, Е. М. Вышемирский [и др.]. - Москва : Логос, 2020. - 316 с.