

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Южно - Уральский государственный технический колледж»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ  
И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

по ПМ 01. «Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и  
производства отливок из черных и цветных металлов»  
**МДК 01.03. «Анализ свойств и структуры материалов»**

для студентов специальности  
22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов  
(базовая подготовка)

Челябинск, 2021

## АКТ СОГЛАСОВАНИЯ

на методические рекомендации по выполнению практических работ по ПМ 01 «Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и производства отливок из черных и цветных металлов», МДК 01.03. Анализ свойств и структуры материалов  
для специальности

22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов,  
разработанной преподавателем Южно-Уральского государственного технического  
колледжа Белянко Е.С.

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторной работ составлены в соответствии с программой ПМ.01.«Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и производства отливок из черных и цветных металлов» (МДК 01.03. «Анализ свойств и структуры материалов»).

Методические рекомендации к практическим и лабораторной работам имеют единую структуру: цели, общие положения, ход работы, форму отчета по работе, справочные данные, литература. Тематика работ разнообразна. Темы работ определены, исходя из логики изучения междисциплинарного курса, и направлены на углубление теоретических знаний и формирование умений осуществлять выбор исходных материалов.

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторной работ по междисциплинарному курсу МДК01.03 соответствуют рабочей программе модуля ПМ01. «Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и производства отливок из черных и цветных металлов» и могут быть рекомендованы к использованию в образовательном процессе по подготовке техников специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов

Ведущий специалист кузнечно-литейного дивизиона «ООО ЧТЗ УРАЛТРАК»

В.Н. Федоров/



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторной работ по ПМ.01 «Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и производства отливок из черных и цветных металлов», МДК 01.03 «Анализ свойств и структуры материалов» предназначены для обучающихся по специальности Литейное производство черных и цветных металлов (базовая подготовка)

Практические и лабораторные занятия являются важным элементом междисциплинарного курса. В процессе выполнения практических и лабораторной работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения практических и лабораторной работ по МДК 01.03 «Анализ свойств и структуры материалов». Программой ПМ (в части МДК 01.01) предусмотрено выполнение 5 практических и 7 лабораторных работ, направленных на формирование *элементов следующих компетенций*:

ПК 1.2. Анализировать свойства и структуры металлов и сплавов для изготовления отливок.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 3. Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях

ОК 4. Осуществлять поиск, анализ и использование информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач профессионального и личностного развития

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями

ОК 9. Быть готовым к смене технологии в профессиональной деятельности

Л.Р1 Отражать российскую гражданскую идентичность, патриотизм, уважение к своему народу, чувства ответственности перед Родиной, гордости за свой край, свою Родину, прошлое и настоящее многонационального народа России, уважение государственных символов (герб, флаг, гимн);

Л.Р4 Отражать сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире;

Л.Р9 Отражать готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;

Описание каждой работы содержит номер, название и цель работы, формируемые в процессе выполнения работы знания, умения теоретическое изложение необходимого материала (при необходимости примеры выполнения заданий), варианты заданий, описание алгоритма выполнения работы и контрольные вопросы (с целью выявить и устранить недочеты в освоении материала).

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам МДК в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

Отчеты студентов должны содержать номер, название и цель работы, выполненные задания и их результаты, ответы на контрольные вопросы и выводы по проделанной работе.

Титульный лист должен быть оформлен в соответствии с приложением 1.



## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

№ темы	Наименование практических и лабораторных работ	Объем (часа)
	<b>Лабораторные работы</b>	
<b>Тема 3.2.</b>	№1 «Исследование структур чугунов методом макро- и микроанализа»	2
	№2 «Исследование структур сталей методом макроанализа»	2
	№3 «Исследование структур сталей методом микроанализа»	2
	№4 «Исследование структур алюминиевых сплавов методом макро- и микроанализа»	2
	№5 «Исследование структур цинковых сплавов методом макро- и микроанализа»	2
	№6 «Определение ударной вязкости чугунов».	2
	№7 «Определение ударной вязкости сталей, цветных металлов».	2
	<b>Практические работы</b>	
<b>Тема 3.1.</b>	№1 Определение характеристик металлов и сплавов в зависимости от их применения	2
	№2 Рентгеноструктурный анализ чугунов	2
	№3 Рентгеноспектральный метод определения микроструктуры чугунов	2
	№4 «Определение области применения сплава в зависимости от структуры сплава: бронзы, латуни»	2
	№5 «Определение области применения сплава в зависимости от структуры сплава: силумины, магниевые сплавы»	2

### Лабораторная работа №1

**Название лабораторной работы:** Исследование структур чугунов методом макро- и микроанализа

**Цель работы:** Научиться проводить исследование структур чугунов методом макро- и микроанализа

**знания** (актуализация):

-структуры чугуна

-виды излома

**умения:**

-исследовать структуру чугунов

**Оборудование:** микроскоп, образцы чугунов.

### **Теоретическое обоснование**

Излом – поверхность, образующаяся после разрушения образца или изделия. Различают изломы хрупкий (например, у керамики, закаленных сталей); вязкий со следами местной пластической деформации на поверхности излома; усталостный – после разрушения в результате многократного нагружения. Анализ и правильное “чтение” изломов играют важную роль при установлении причин аварий и поломок. Макроскопический анализ структуры изломов называется фрактографией. По виду излома можно судить о величине зерна металла или сплава, наличии перегрева, причине разрушения (усталостный излом), о наличии расслоения, рыхлости и др. Изломы бывают кристаллические (зернистые), волокнистые и смешанные, продольные и поперечные. Вязкий (волокнистый) излом обычно наблюдается после пластической деформации образца с появлением шейки перед разрушением. Волокнистый излом имеет место в отожженных доэвтектоидных сталях, а также в сталях, улучшенных термической обработкой (закалка полная, отпуск высокий). Вязкие изломы не имеют кристаллического блеска, характеризуют доброкачественную структуру металла. Хрупкие (кристаллические) изломы. Хрупкому разрушению подвержены закаленные стали, поверхности изломов состоят из множества блестящих площадок.

Различают следующие разновидности хрупких изломов: транскристаллический (проходит по телу зерна), межкристаллический (интеркристаллический), крупнозернистый (грубозернистый, крупнокристаллический), мелкозернистый (мелкокристаллический), нафталинистый, камневидный, шиферный, черный, усталостный.

Нафталинистый - транскристаллический излом, по внешнему виду напоминающий блеск нафталина, встречается у быстрорежущих сталей при нарушении режима термической обработки. Камневидный излом - межкристаллический, имеющий крупнозернистое строение, появляется в сталях в процессе перегрева при горячей механической обработке, признак недоброкачества структуры. Шиферный (слоистый) излом - характеризуется древовидным расположением волокон в продольных изломах стали. Встречается в среднеуглеродистых сталях, загрязненных неметаллическими включениями и перенасыщенных газами. Черный излом является следствием выделения графита из сталей с высоким содержанием углерода и кремния после длительного отжига при низких температурах или закалки с отпуском при температуре 700°C.

Усталостный излом встречается в деталях, работавших при циклических нагрузках (рельсы, оси, валы, шестерни, штоки, клапанные пружины и др.). На изломе поверхности разграничиваются на очаг разрушения (риски, забоины, трещины, неметаллические, газовые включения), зону постепенного развития усталостной

трещины и зону излома. Усталостная трещина, развиваясь, постепенно ослабляет поперечное сечение детали. Не пораженное трещиной сечение не может противодействовать нагрузке на деталь и разрушается. Зона излома может иметь признаки или хрупкого, или вязкого разрушения.

Излом с закалочной трещиной имеет два характерных участка: темный -



окисленная поверхность закалочной трещины и светлый - мелкозернистый хрупкий излом. Закалочная трещина возникает при чрезмерно высокой скорости охлаждения стали. Образование поперечной закалочной трещины в рельсе связано с местным нагревом рельс до закалочной температуры при буксовании колеса локомотива и последующим очень быстрым отводом тепла.

Микроанализ включает две операции: приготовление микрошлифа и изучение его микроструктуры.

Шлифом называют специальным образом приготовленную для исследования одну из плоскостей небольшого размера образца из исследуемого материала. Наиболее удобной формой образцов для работы и получения качественного шлифа является цилиндр диаметром и высотой около 15 мм или кубик (параллелепипед) с линейными размерами 10x15x15 мм. Процесс приготовления шлифов включает: вырезку образцов из материала, подлежащего исследованию; предварительное (подготовительное) шлифование поверхности, предназначенной для исследования, и последующее полирование. Вырезка образцов. Образец для приготовления шлифа следует вырезать без нагрева (лучше механическим способом) в таком месте заготовки или изделия, которое характеризовало бы строение металла не только того участка, из которого вырезан образец, но и всего объема металла. Сторону образца, предназначенную для приготовления шлифа, после вырезки образца опиливают напильником или заторцовывают на заточных станках для создания ровной поверхности. Шлифование поверхности образца для приготовления шлифа. Плоскость образца шлифуют вручную или на специальных станках. В настоящей лабораторной работе предусматривается только ручное шлифование. Для получения поверхности шлифа ровной и плоской абразивное шлифовальное полотно (бумагу) следует положить на толстое шлифованное стекло. Шлифование производят возвратными прямолинейными движениями обрабатываемой поверхностью по абразивному полотну: перемещают образец

от себя со слабым нагружением (рабочий ход) и к себе без нагружения, не отрывая обрабатываемую поверхность от абразивной бумаги (холостой ход). Не рекомендуется нагружать образец при холостом ходе – получится двухсторонняя скошенная поверхность («завал» – «крыша»)\*, что не позволит получить резкое изображение структуры при исследовании шлифа на микроскопе. Шлифование начинают на грубых (крупнозернистых с абразивным зерном от 250 до 100 мкм) абразивных шкурках до полного удаления неровностей, наследованных от вырезки (рис. 1а). Далее переходят к более мелкозернистым абразивным бумагам для уменьшения шероховатости поверхности и заканчивают шлифование на микронных бумагах (28 – 3,5 мкм). При переходе с одного номера абразивной бумаги к другому необходимо каждый раз образец механически очищать от абразива и поворачивать на 90° к направлению перемещения его на предыдущей бумаге. Заканчивать шлифование на используемой бумаге следует после полного удаления рисок (царапин), созданных на предыдущей бумаге.

Полирование шлифов производят на полировальной установке (станке) с вращающимся металлическим диском, обтянутым тонким сукном, фетром или др. материалом (рис. 2). Ткань полировального круга периодически смачивают суспензией (водная взвесь окиси хрома в виде мелкозернистого порошка)\*, предварительно взбалтывая ее.

Полирование – процесс достаточно длительный (от 8 до 10 минут). Полируя шлиф, необходимо соблюдать следующие правила: 1. Располагай шлиф на полировальном круге дальше от центра (так удобнее удерживать шлиф и короче процесс полировки (см. рис.2)). 2. Входи в контакт с мягким сукном полировального круга поверхностью шлифа без перекосов и чрезмерного нажатия (в противном случае шлиф может вырваться из пальцев). 3. Постоянно смачивай полировальный круг, так как его высыхание может вызвать «пригорание» полируемой поверхности и деформирование структуры. Полирование считается законченным, когда поверхность шлифа при внешнем

осмотре невооруженным глазом приобретает зеркальный блеск, а при рассмотрении под микроскопом на поверхности шлифа не будет обнаружено царапин

Выявление микроструктуры \* Шлиф после полирования необходимо тщательно промыть в струе воды и просушить фильтровальной бумагой. Поверхность шлифа должна быть зеркально блестящей без заметных для невооруженного глаза царапин. Для выявления микроструктуры шлиф погружают в реактив (прил.2) (или наносят реактив локально ваткой) и выдерживают определенное время до появления признаков протравки, затем его промывают в воде и сушат промоканием фильтровальной бумагой. Время травления зависит от концентрации реактива, природы металлического материала и, как правило, устанавливается экспериментально по изменению отражательной способности и цвета поверхности шлифа. Признаком достаточной степени травления является исчезновение зеркальности поверхности и приобретение ею светло-матового оттенка. Примечание. Со шлифом необходимо обращаться аккуратно: – не прикасаться к его поверхности пальцами; – осторожно ставить и снимать с предметного столика микроскопа; – не перемещать его поверхность относительно предметного столика.

Микроскопический анализ заключается в исследовании структуры металлов с помощью микроскопа. Наблюдаемая в микроскоп структура называется микроструктурой. При помощи микроанализа изучают фазовый состав и структурные составляющие металла или сплава; размер, форму и ориентировку зерен; наличие дефектов, снижающих качество металла (включения, микротрещины и др.).

Результатом микроанализа является заключение о характере обработки материала, о соответствии структуры техническим условиям.

## Ход работы

1. Получить образец.
2. Исследовать структуру с помощью микроскопа.
2. Определить вид излома и заполнить таблицы 1 и 2.
3. Дать заключение о соответствии структуры ТУ.
4. Оформить отчет.

Таблица 1 - Виды изломов

Вид излома	Строение излома

Таблица 2 – Виды чугунов

Вид чугуна	Структура чугуна

## Лабораторная работа №2

**Название лабораторной работы:** Исследование структур сталей методом макроанализа

**Цель работы:** Формирование умений распознавать структуру сталей методом макроанализа

**знания (актуализация):**

-дефекты стальных отливок

**умения:**

определять структуру сталей по образцу методом микроанализа

**Оборудование:** лупа, образцы.

### Теоретическое обоснование

**Макроанализом** (*макроскопическим анализом*) называется изучение структуры металла или сплава невооруженным глазом или с помощью лупы при небольшом увеличении (до 30 раз).

**Структура металла** при этом может изучаться либо непосредственно на поверхности либо в изломе (рис. 1) детали или специально приготовленного для этой цели образца.



Рис. 13. Излом валика

*Образцы для макроанализа* изготавливаются путем вырезки из детали или отливки.

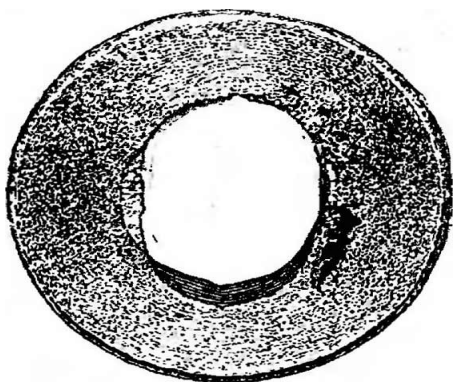


Рис. 14. Усадочная раковина  
в стальной отливке

Макроанализ позволяет выявить различные пороки в литых деталях и отливках.

Подлежащая исследованию поверхность металла тщательно шлифуется на наждачной бумаге разных размеров и протравливается. Подготовленная таким образом поверхность называется *макрошлифом*.

#### Травление

Травление производится специальными реактивами. Так, для «глубокого» *травления*, выявляющего волокнистое строение металла, химическую неоднородность и различные пороки сварки, неоднородное распределение вредной примеси — серы в стальных деталях.

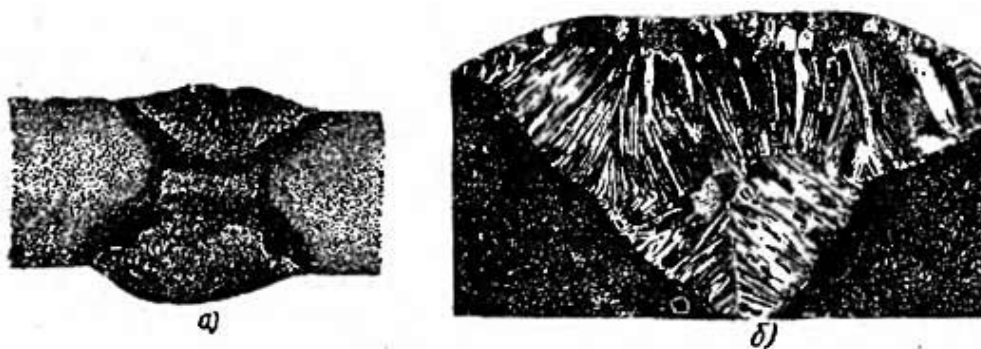


Рис. 16. Макроструктура сварного шва:  
а — сварка стали; б — сварка меди

Изучение *изломов стали и чугуна* позволяет судить о наличии внутренних пороков металла:

- усадочных раковин,
- газовых пузырей и пор в литых деталях,
- трещин и волосовин, образовавшихся в результате прокатки металла с внутренними пороками.

Для этого используются концентрированные растворы кислот и их смеси в горячем или кипящем состоянии.

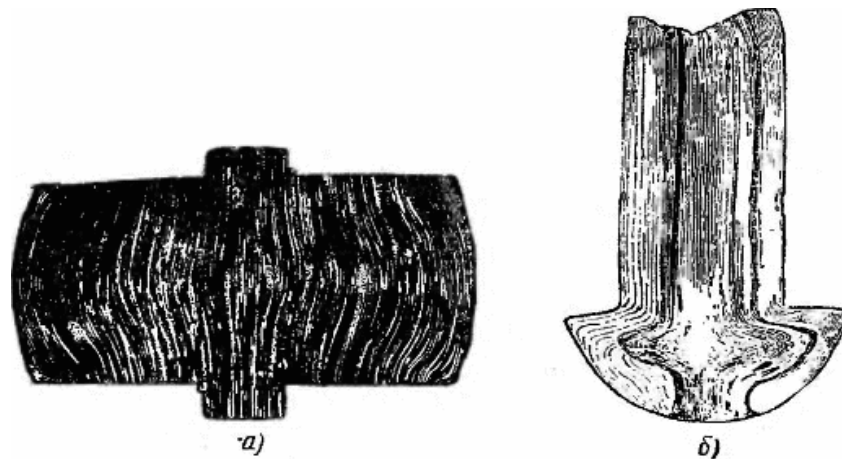


Рис. 15. Волокнистое строение:  
а — заготовки; б — заклепки

Волокнистое строение в кованных, штампованных, прокатных деталях (рисунок выше).



Рис. 17. Макроструктура зубьев  
шестерни закаленной токами  
высокой частоты

Кроме того, *анализ излома стали* позволяет судить о размере зерна, о степени однородности структуры по сечению о наличии перегрева или пережога металла.

### Ход работы

- 1.Получить образец.
2. Исследовать структуру с помощью лупы.
3. Заполнить таблицу 3.

Таблица 3 – Виды макроанализа сталей

Вид макроанализа	Рисунок

4. Оформить отчет.

### Лабораторная работа №3

**Название практической работы:** Исследование структур сталей методом микроанализа

**Цель работы:** Исследовать структуру сталей методом микроанализа  
**знания (актуализация):**

- марки сталей
- классификация сталей по структуре

**умения:**

- определять структуру сталей

**Оборудование:** микроскоп, образцы.

### Теоретическое обоснование



Микроскопический анализ металлов заключается в исследовании их структуры с помощью оптического микроскопа (использующего обычное белое или ультрафиолетовое излучение) и электронного микроскопа.

При использовании оптического микроскопа структуру металла можно изучать при общем увеличении от нескольких десятков до 2 000–3 000 раз. Микроанализ позволяет характеризовать размеры и расположение различных фаз, присутствующих в сплавах, если размеры частиц этих фаз не менее 0,2 мкм. Многие фазы в металлических сплавах имеют размеры  $10^{-4}$ – $10^{-2}$  см и поэтому могут быть различимы в микроскопе.

При микроанализе однофазных сплавов (обычно твердых растворов) и чистых металлов можно определять величину зерен и отметить существование дендритного строения.

Определение размеров зерен проводится либо методами количественной металлографии, либо путем сопоставления структуры с заранее составленными шкалами.

Дендритное строение связано с определенной химической неоднородностью, выявляемой при травлении образца, подлежащего микроанализу. Если однофазные сплавы состоят из вполне однородных по составу зерен, то это указывает на достижение равновесного состояния.

В многофазных сплавах с помощью микроанализа можно определить не только количество, форму и размеры включений отдельных фаз, но и их взаимное распределение.

Разные фазы могут образовывать устойчивые формы взаимного распределения, характерные не для одного какого-либо сплава, а для целых групп сплавов, имеющих общие типы превращений, описываемых диаграммой состояния (например, эвтектические и эвтектоидные превращения).

Количество эвтектической или эвтектоидной структуры, а также строение и характер распределения этих структур оказывают большое влияние на свойства сплавов. В частности, свойства стали весьма сильно зависят от количества эвтектоида (перлита) и его строения. Форма перлита в зависимости от характера термической обработки может быть различной — от грубопластинчатой до мелкозернистой.

Другие сочетания фаз могут зависеть от условий термической и горячей механической обработки; фазы могут быть в виде отдельных включений округлой, пластинчатой или игольчатой формы, а также в виде строк и сетки. Например хорошо известно, что равномерное распределение карбидов в

структуре заэвтектоидной стали обеспечивает высокие механические свойства инструмента, тогда как наличие сетчатого распределения цементита по границам зерен (цементитная сетка) вызывает хрупкость.

Пользуясь методами микроанализа, можно также оценить свойства ряда многофазных сплавов и, в частности, чугуна, для которого имеются специальные шкалы, классифицирующие по форме и количеству графит и фосфидную эвтектику.

По площади, занимаемой каждой фазой или структурной составляющей в поле зрения микроскопа, можно в ряде случаев определить количество присутствующих фаз, если известна их плотность. Кроме того, если известен состав каждой из фаз, можно приблизительно определить и состав изучаемого сплава. Такие расчеты только в том случае будут достаточно точными, если присутствующие фазы не слишком дисперсны и находятся в значительном количестве.

С помощью микроанализа можно определить структуру сплава не только в равновесном, но и в неравновесном состоянии, что в ряде случаев позволяет установить предшествующую обработку сплава.

Изменение структуры от поверхностного слоя к середине изделий указывает на характер нагрева (наличие окисления или обезуглероживания стали) или на применение химико-термической обработки (цементации, азотирования и т. д.

### **Ход работы**

- 1.Получить образец.
2. Исследовать структуру с помощью микроскопа.
3. Заполнить таблицу 4

Таблица 4 – Микроструктура сталей

Марка стали	Классификация сталей по структуре	Структура стали

4.Оформить отчет.

### Лабораторная работа №4

**Название практической работы:** Исследование структур алюминиевых сплавов методом макро- и микроанализа

**Цель работы:** Формирование умений распознавать структуру алюминиевых сплавов методом макро- и микроанализа

**знания (актуализация):**

-виды алюминиевых сплавов

**умения:**

- исследовать структуру алюминиевых сплавов

**Оборудование:** микроскоп, образцы.

### Ход работы

1.Получить образец.

2. Исследовать структуру с помощью микроскопа.

2. Заполнить таблицу 5.

Таблица5 – Виды алюминиевых сплавов

Вид алюминиевого сплава	Структура алюминиевого сплава

3.Оформить отчет.

### **Лабораторная работа №5**

**Наименование практической работы:** Исследование структур цинковых сплавов методом макро- и микроанализа

**Цель работы:** формирование умений распознавать структуру цинковых сплавов методом макро- и микроанализа

**знания** (актуализация):

-виды цинкового сплава

**умения:**

- исследовать структуру цинковых сплавов

**Оборудование:** микроскоп, образцы.

### **Теоретическое обоснование**

Излом – поверхность, образуемая после разрушения образца или изделия. Различают изломы хрупкий (например, у керамики, закаленных сталей); вязкий со следами местной пластической деформации на поверхности излома; усталостный – после разрушения в результате многократного нагружения. Анализ и правильное “чтение” изломов играют важную роль при установлении причин аварий и поломок. Макроскопический анализ структуры изломов называется фрактографией. По виду излома можно судить о величине зерна металла или сплава, наличии перегрева, причине разрушения (усталостный излом), о наличии расслоения, рыхлости и др. Изломы бывают кристаллические (зернистые), волокнистые и смешанные, продольные и поперечные. Вязкий (волокнистый) излом обычно наблюдается после пластической деформации

образца с появлением шейки перед разрушением. Волокнистый излом имеет место в отожженных доэвтектоидных сталях, а также в сталях, улучшенных термической обработкой (закалка полная, отпуск высокий). Вязкие изломы не имеют кристаллического блеска, характеризуют доброкачественную структуру металла. Хрупкие (кристаллические) изломы. Хрупкому разрушению подвержены закаленные стали, поверхности изломов состоят из множества блестящих площадок.

Различают следующие разновидности хрупких изломов: транскристаллический (проходит по телу зерна), межкристаллический (интеркристаллический), крупнозернистый (грубозернистый, крупнокристаллический), мелкозернистый (мелкокристаллический), нафталинистый, камневидный, шиферный, черный, усталостный.

Нафталинистый - транскристаллический излом, по внешнему виду напоминающий блеск нафталена, встречается у быстрорежущих сталей при нарушении режима термической обработки. Камневидный излом - межкристаллический, имеющий крупнозернистое строение, появляется в сталях в процессе перегрева при горячей механической обработке, признак недоброкачественности структуры. Шиферный (слоистый) излом - характеризуется древовидным расположением волокон в продольных изломах стали. Встречается в среднеуглеродистых сталях, загрязненных неметаллическими включениями и перенасыщенных газами. Черный излом является следствием выделения графита из сталей с высоким содержанием углерода и кремния после длительного отжига при низких температурах или закалки с отпуском при температуре 700°C.

Усталостный излом встречается в деталях, работавших при циклических нагрузках (рельсы, оси, валы, шестерни, штоки, клапанные пружины и др.). На изломе поверхности разграничиваются на очаг разрушения (риски, забоины,

трещины, неметаллические, газовые включения), зону постепенного развития усталостной трещины и зону излома. Усталостная трещина, развиваясь, постепенно ослабляет поперечное сечение детали. Не пораженное трещиной сечение не может противодействовать нагрузке на деталь и разрушается. Зона излома может иметь признаки или хрупкого, или вязкого разрушения.

Излом с закалочной трещиной имеет два характерных участка: темный - окисленная поверхность закалочной трещины и светлый - мелкозернистый хрупкий излом. Закалочная трещина возникает при чрезмерно высокой скорости охлаждения стали. Образование поперечной закалочной трещины в рельсе связано с местным нагревом рельса до закалочной температуры при буксовании колеса локомотива и последующим очень быстрым отводом тепла.

Микроскопический анализ заключается в исследовании структуры металлов с помощью микроскопа. Наблюдаемая в микроскоп структура называется микроструктурой. При помощи микроанализа изучают фазовый состав и структурные составляющие металла или сплава; размер, форму и ориентировку зерен; наличие дефектов, снижающих качество металла (включения, микротрещины и др.).

Результатом микроанализа является заключение о характере обработки материала, о соответствии структуры техническим условиям, нарушении технологии и т.п.

Микроанализ включает две операции: приготовление микрошлифа и изучение его микроструктуры.

### **Ход работы**

1. Получить образец.
2. Исследовать структуру с помощью микроскопа.

2. Заполнить таблицу 6.

Таблица 6 – Виды цинковых сплавов

Вид цинкового сплава	Структура алюминиевого сплава

3. Оформить отчет.

### Лабораторная работа №6

**Название практической работы:** Определение ударной вязкости чугунов.

**Цель работы:** научиться определять ударную вязкость металлов и получить практические навыки по проведению испытания на ударную вязкость металлов

**Оборудования:** маятниковый копер, образцы для испытания на ударную вязкость, штангенциркуль.

**знания (актуализация):**

-методы определения ударной вязкости

**умения:**

- пользоваться лабораторным оборудованием

-использовать метод определения ударной вязкости при испытании металла на ударную вязкость на лабораторном оборудовании

осуществлять расчет ударной вязкости

Материалы, применяемые для изготовления деталей, работающих в условиях ударных нагрузок, подвергаются испытанию на ударную вязкость.

При испытании образец устанавливается в опоках маятникового корпуса надрезом в сторону, противоположную удару маятника. Маятник поднимают, при этом он приобретает запас потенциальной энергии. Падая маятник ударяет по образцу и разрушает его, на это расходуется часть энергии, оставшаяся часть энергии поднимает маятник на некоторую высоту. Работу, поглощаемую при разрушении образца, называют ударной вязкостью. Ударная вязкость  $K_{CU}$  вычисляется по формуле:

$$K_C = \frac{K}{S}$$

$K$ -работа удара, затраченная на излом образца, Дж(кГ\*м)

$S_0$ -площадь поперечного сечения образца в месте надреза, м<sup>2</sup>(см<sup>2</sup>).

Для испытания применяют стандартный образец

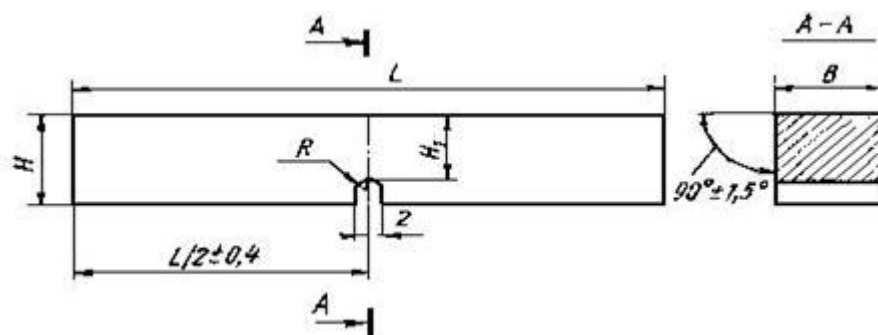


рисунок 6

Линейные размеры образца  $L=55\text{мм}$ ,  $H=10\text{мм}$ ,  $H_1=8\text{мм}$

Задание определить ударную вязкость металла.

1. Перед выполнением работы внимательно ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности при работе с маятниковым копром.
2. Запишите наименование материала образца в графу 2 таблицы 8.
3. Измерьте линейные размеры образца в месте надреза и занести в графу 3 таблицы 7
4. Рассчитайте площадь поперечного сечения образца и заполните графу 4 таблицы 7
5. Нажмите на тормозную педаль и поднимите маятник до заданного положения, закрепите защелкой; зафиксируйте полную энергию, запасенную маятником по шкале, и заполните графу 5 таблицы 7
6. Поместите образец на опоры надрезом в сторону, противоположную удару
7. Опустите защелку и произведите удар по образцу.
8. Зафиксируйте вредную работу, совершаемую маятником, по шкале и заполните графу 6 таблицы 7



9. На обратном движении маятника опустите тормозную педаль, чтобы остановить качение маятника, зафиксируйте полезную работу и заполните графу 7 таблицы 7.

10. Рассчитайте значение ударной вязкости КСУ и заполните графу 8 таблицы 7

Таблица 7 - Показатели измерений

№ п/п	Материал образца	Размеры поперечного сечения образца, см	Площадь поперечного сечения образца, см <sup>2</sup>	Полная потенциальная энергия, запасенная маятником, кГ*м	Вредная работа, совершаемая маятником на разрушение образца, кГ*м	Полезная работа совершаемая маятником на разрушение образца, кГ*м	Ударная вязкость КС, кГ*м/ см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
1							

11. Сделайте вывод

12. Ответьте на контрольные вопросы:

-Почему при испытаниях принимают стандартный образец?

-Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при испытаниях?

-Зачем на стандартном образце делают надрез?

13. Оформить отчет.

### Лабораторная работа №7

**Название практической работы:** Определение ударной вязкости сталей и цветных металлов.

**Цель работы:** Научиться определять ударную вязкость металлов и получить практические навыки по проведению испытания на ударную вязкость металлов

**Оборудования:** маятниковый копер, образцы для испытания на ударную вязкость, штангенциркуль.

**знания (актуализация):**

-методы определения ударной вязкости

**умения:**

- пользоваться лабораторным оборудованием

-использовать метод определения ударной вязкости при испытании металла на ударную вязкость на лабораторном оборудовании  
осуществлять расчет ударной вязкости

Материалы, применяемые для изготовления деталей, работающих в условиях ударных нагрузок, подвергаются испытанию на ударную вязкость.

При испытании образец устанавливается в опоках маятникового корпуса надрезом в сторону, противоположную удару маятника. Маятник поднимают, при этом он приобретает запас потенциальной энергии. Падая маятник ударяет по образцу и разрушает его, на это расходуется часть энергии, оставшаяся часть энергии поднимает маятник на некоторую высоту. Работу, поглощаемую при разрушении образца, называют ударной вязкостью. Ударная вязкость  $K_C$  вычисляется по формуле:

$$K_C = \frac{K}{S}$$

$K$ -работа удара, затраченная на излом образца, Дж(кГ\*м)

$S_0$ -площадь поперечного сечения образца в месте надреза, м<sup>2</sup>(см<sup>2</sup>).

Для испытания применяют стандартный образец

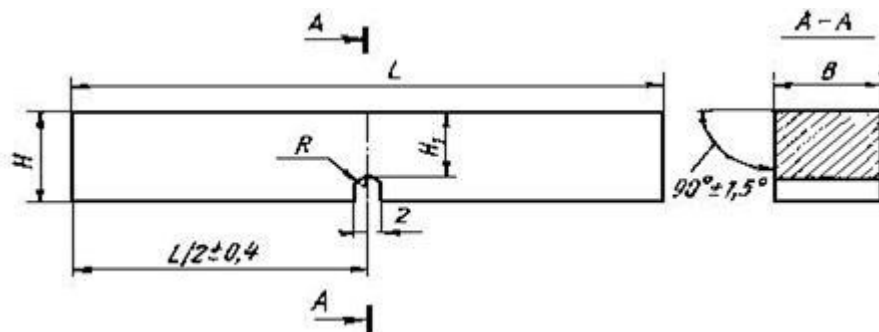


рисунок 6

Линейные размеры образца  $L=65\text{мм}$ ,  $H=15\text{мм}$ ,  $H_1=10\text{мм}$

Задание определить ударную вязкость металла.

1. Перед выполнением работы внимательно ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности при работе с маятниковым копром.
2. Запишите наименование материала образца в графу 2 таблицы 8.
3. Измерьте линейные размеры образца в месте надреза и занести в графу 3 таблицы 8

- 4.Рассчитайте площадь поперечного сечения образца и заполните графу 4 таблицы 8
5. Нажмите на тормозную педаль и поднимите маятник до заданного положения, закрепите защелкой; зафиксируйте полную энергию, запасенную маятником по шкале, и заполните графу 5 таблицы 8
- 6.Поместите образец на опоры надрезом в сторону, противоположную удару
- 7.Опустите защелку и произведите удар по образцу.
- 8.Зафиксируйте вредную работу, совершаемую маятником, по шкале и заполните графу 6 таблицы 8
9. На обратном движении маятника опустите тормозную педаль, чтобы остановить качение маятника, зафиксируйте полезную работу и заполните графу 7 таблицы 8.
10. Рассчитайте значение ударной вязкости КСУ и заполните графу 8 таблицы 8

Таблица 8 - Показатели измерений

№ п/п	Материал образца	Размеры поперечного сечения образца, см	Площадь поперечного сечения образца, см <sup>2</sup>	Полная потенциальная энергия, запасенная маятником, кГ*м	Вредная работа, совершаемая маятником на разрушение образца, кГ*м	Полезная работа совершаемая маятником на разрушение образца, кГ*м	Ударная вязкость КС, кГ*м/ см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
1							

11. Сделайте вывод
12. Ответьте на контрольные вопросы:
  - Почему при испытаниях принимают стандартный образец?
  - Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при испытаниях?
  - Зачем на стандартном образце делают надрез?
- 13.Оформить отчет.

## Практическая работа №1

**Название практической работы:** Определение характеристик металлов и сплавов в зависимости от их применения

**Цель работы:** научиться определять характеристики металлов и сплавов в зависимости от их применения

**знания** (актуализация):

- характеристику сплава и металла в зависимости от их применения

**умения:**

-определять характеристику металлов и сплавов в зависимости от их применения.

Таблица 9 – Характеристика и применение металлов и сплавов

Сплав и металл	Характеристика сплава и металла	Применение сплава и металла
		Для втулок и прокладок автомобилей и тракторов
		Для пружин, втулок, вкладышей подшипников
		Для шестерен, зубчатых колес, втулок и прокладок высоконагружаемых машин
		Для токоведущих пружин
		Контактов штепсельных разъемов
		В авиапромышленности
		В машиностроении
		Для отливок ответственного назначения

### Ход работы

1. Открыть ГОСТ 5632-61 и заполнить таблицу 9.
2. Оформить отчет.

## Практическая работа №2

**Название практической работы:** Рентгеноструктурный анализ чугунов

**Цель работы:** научиться интерпретировать данные рентгеновского спектра высокопрочного чугуна

**знания:**

-структура высокопрочного чугуна

**умения:**

- определять составные элементы высокопрочного чугуна по рентгеновскому спектру

Рентгеноструктурный анализ (рентгенодифракционный анализ) — один из дифракционных методов исследования структуры вещества. В основе данного метода лежит явление дифракции рентгеновских лучей на трехмерной кристаллической решетке. Явление дифракции рентгеновских лучей на кристаллах открыт Лауэ, теоретическое обоснование явлению дали Вульф и Брэгг (условие Вульфа-Брэгга). Как метод, рентгеноструктурный анализ разработан Дебаем и Шеррером.

Метод позволяет определять атомную структуру вещества, включающую в себя пространственную группу элементарной ячейки, ее размеры и форму, а также определить группу симметрии кристалла. Рентгеноструктурный анализ и по сей день является самым распространенным методом определения структуры вещества в силу его простоты и относительной дешевизны. Разновидности метода: Метод Лауэ применяется для монокристаллов. Образец облучается пучком с непрерывным спектром, взаимная ориентация пучка и кристалла не меняется. Угловое распределение дифрагированного излучения имеет вид отдельных дифракционных пятен (лауэграмма). Рентгенгонометрия. Метод Дебая-Шеррера используется для исследования поликристаллов и их смесей. Хаотическая ориентация кристаллов в образце относительно падающего монохроматического пучка превращает дифрагированные пучки в семейство коаксиальных конусов с падающим пучком на оси. Их изображение на фотоплёнке (дебаграмма) имеет вид концентрических колец, расположение и интенсивность которых позволяет судить о составе исследуемого вещества. "

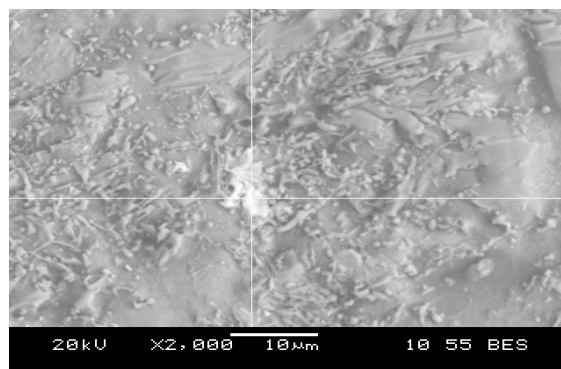


Рисунок 1 – Феррито – перлитная структура образца стали 15

На рисунке 1 отмечены перекрестием включения, с которых получены рентгеновские спектры. Количественные соотношения этих элементов приведены на рисунке 2.

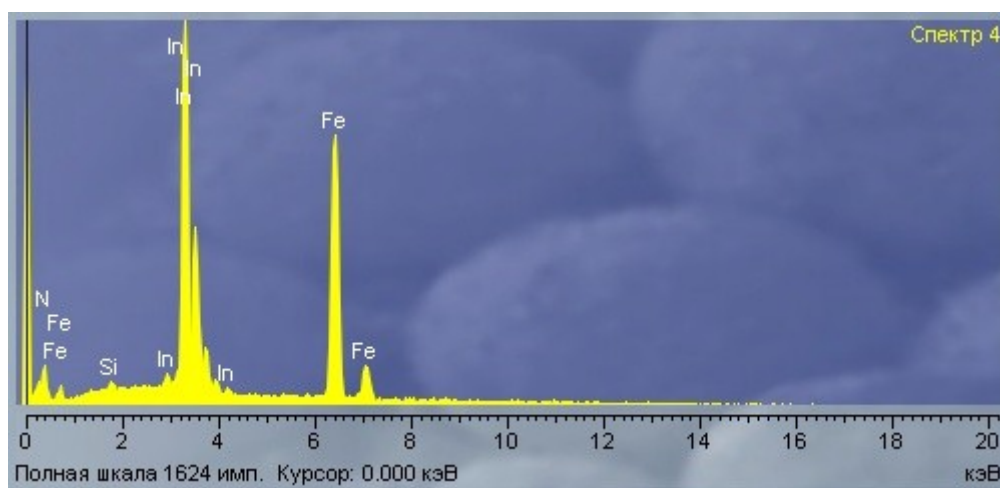


Рисунок 2 – Рентгеновский спектр для стали 15

Таблица 10 – Количество элементов на рентгеновском спектре для стали 15.

N, %	Si, %	Fe, %	In, %	Итог, %
3,57	0,25	42,62	53,56	100

## Ход работы

1. Нарисовать структуру и рентгеновский спектр высокопрочного чугуна
2. Заполнить таблицу №11 «Количество элементов на рентгеновском спектре для ВЧ25»

Таблица №11 -Количество элементов на рентгеновском спектре для ВЧ25

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Cu%	Ni%	Итог%

3. Оформить отчет

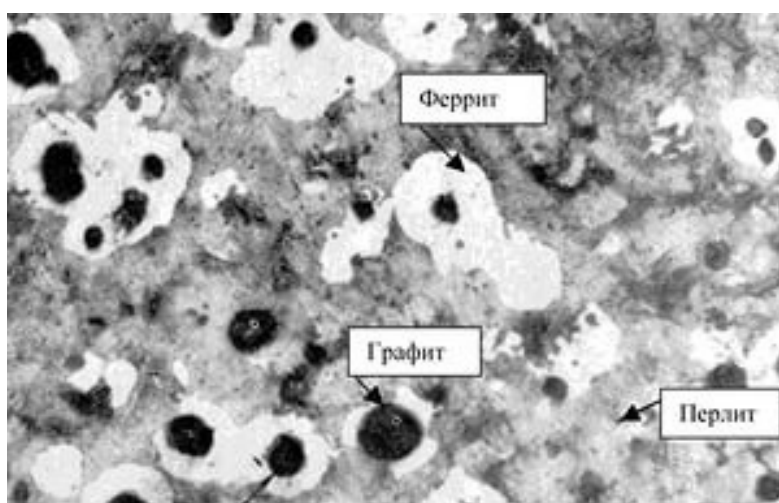


Рисунок3 - Структура высокопрочного чугуна

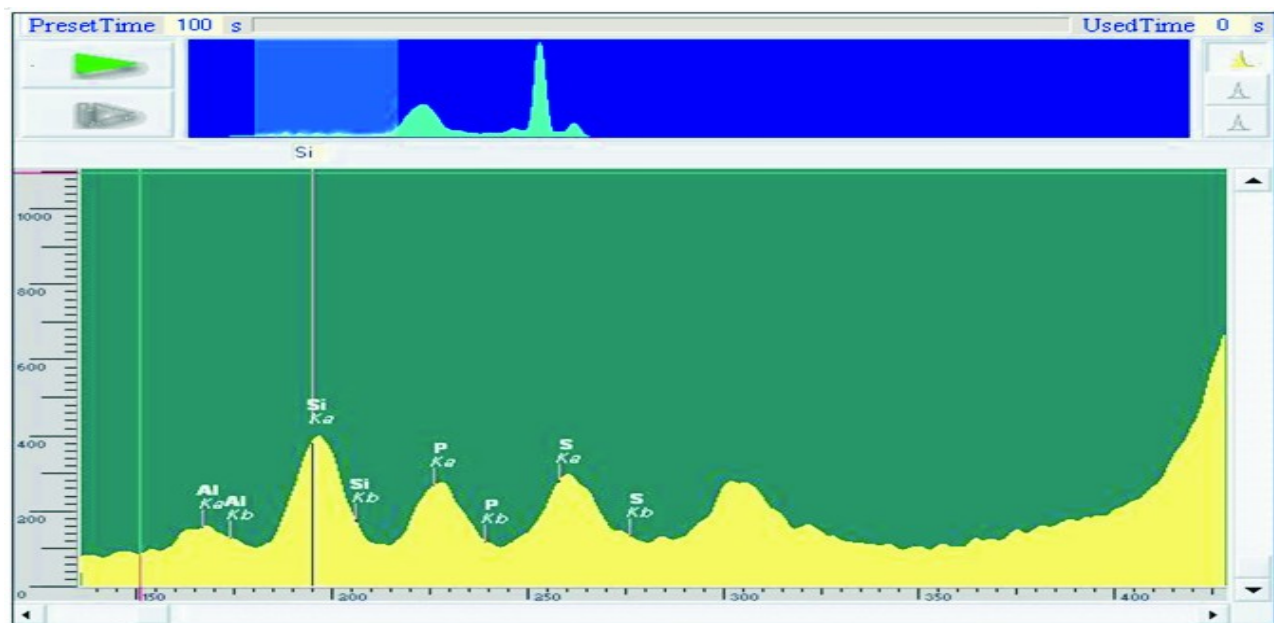


Рисунок 4 – Рентгеновский спектр для высокопрочного чугуна

### Практическая работа №3

**Название практической работы:** Рентгеноспектральный метод определения микроструктуры чугунов

**Цель:** Научиться интерпретировать данные рентгеновского спектра чугунов

**знания (актуализация)**

- в каком виде содержатся алюминий и кремний в чугуне

**умения:**

- определять на основе рентгеновского спектра элементы веществ в чугуне.

### **Теоретическое обоснование**

Рентгеноспектральный анализ –элементный анализ вещества по его рентгеновскому спектру.

Рентгеноспектральный анализ основан на использовании зависимости частоты излучения линий характеристического спектра элемента от их атомного номера и связи между интенсивностью этих линий и числом атомов, принимающих участие в излучении.

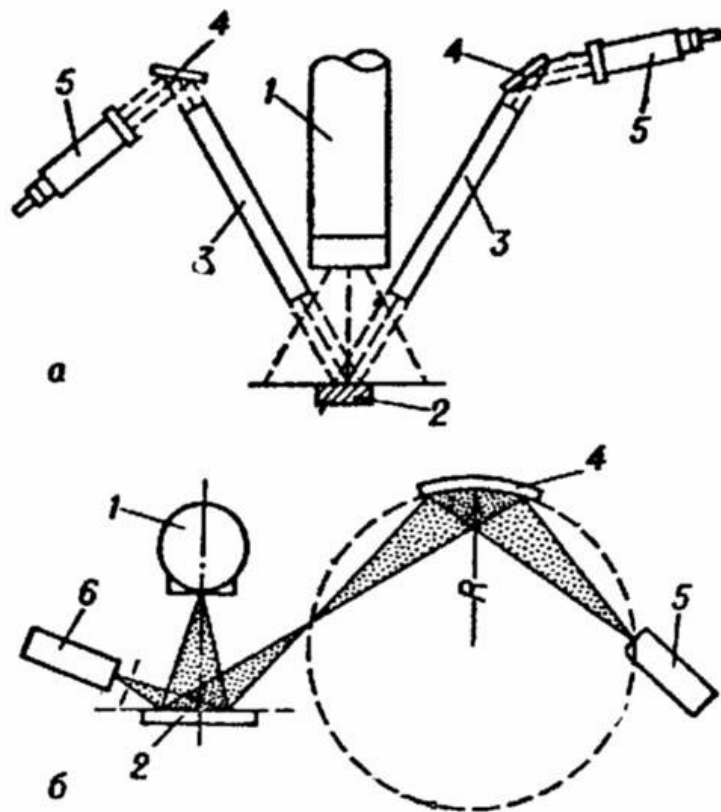
Рентгеновское возбуждение атомов вещества может возникать в результате бомбардировки образца электронами больших энергий или при его облучении рентгеновскими лучами. Первый процесс называется прямым возбуждением, последний – вторичным или флуоресцентным. В обоих случаях энергия электрона или кванта первичной рентгеновской радиации, бомбардирующей излучающий атом, должна быть больше энергии, необходимой для вырывания электрона из определённой внутренней оболочки атома. Электронная бомбардировка исследуемого вещества приводит к появлению не только характеристического спектра элемента, но и, как правило, достаточно интенсивного непрерывного излучения. Флуоресцентное излучение содержит только линейчатый спектр.

В ходе первичного возбуждения спектра происходит интенсивное разогревание исследуемого вещества, отсутствующее при вторичном возбуждении. Первичный метод возбуждения лучей предполагает помещение исследуемого вещества внутрь откачанной до высокого вакуума рентгеновской трубки, в то время как для получения спектров флуоресценции исследуемые образцы могут располагаться на пути пучка первичных рентгеновских лучей вне вакуума и легко сменять друг друга. Поэтому приборы, использующие спектры, флуоресценции (несмотря на то, что интенсивность вторичного излучения в тысячи раз меньше интенсивности лучей, полученных первичным методом), в последнее время почти полностью вытеснили из практики установки, в которых осуществляется возбуждение рентгеновских лучей с помощью потока быстрых электронов.



### Аппаратура для рентгеноспектрального анализа.

Рентгеновский флуоресцентный спектрометр (рис 1) состоит из трёх основных узлов: рентгеновской трубки, излучение которой возбуждает спектр флуоресценции исследуемого образца, кристалла – анализатора для разложения лучей в спектр и детектора для измерения интенсивности спектральных линий.



1 – рентгеновская трубка; 2 – анализируемый образец; 3 – диафрагма Соллера; 4 – плоский и изогнутый (радиус –  $2R$ ) кристалл – анализаторы; 5 – детектор излучения; 6 – так называемый монитор, дополнительное регистрирующее устройство, позволяющее осуществлять измерение относительной интенсивности спектральных линий при отсутствии стабилизации интенсивности источника рентгеновского излучения;  $R$  – радиус так называемой окружности изображения.

Рисунок 5. Схема рентгеновского многоканального флуоресцентного спектрометра с плоским (а) изогнутым (б) кристаллами

В наиболее часто используемой на практике конструкции спектрометра источник излучения и детектор располагаются на одной окружности, называемой окружностью изображения, а кристалл – в центре. Кристалл может вращаться вокруг оси, проходящей через центр этой окружности. При изменении угла скольжения на величину  $\alpha$  детектор поворачивается на угол  $2\alpha$ .

Наряду со спектрометрами с плоским кристаллом широкое распространение получили фокусирующие рентгеновские спектрометры, работающие «на отражение» (методы Капицы – Иоганна и Иогансона) и на «прохождение» (методы Коуша и Дю-Монда). Они могут быть одно- и многоканальными.

Многоканальные, так называемые рентгеновские квантометры, аутрометры и другие, позволяют одновременно определять большое число элементов и автоматизировать процесс анализа. Обычно они снабжаются специальными рентгеновскими трубками и устройствами, обеспечивающими высокую степень стабилизации интенсивности рентгеновских лучей. Область длин волн, в которой может использоваться спектрометр, определяется межплоскостным расстоянием кристалла – анализатора ( $d$ ). В соответствии с уравнением (1) кристалл не может «отражать» лучи, длина волн, которых превосходит  $2d$ .

Число кристаллов, используемых в рентгеноспектральном анализе, довольно велико. Наиболее часто применяют кварц, слюду, гипс и LiF.

В качестве детекторов рентгеновского излучения, в зависимости от области спектра, с успехом используют сѐтчики Гейгера, пропорциональные, кристаллические и сцинтилляционные сѐтчики квантов.

Таблица №11 -Количество элементов на рентгеновском спектре для СЧ20

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Cu%	Ni%	Итог%

### Ход работы

- 1.Нарисовать рентгеновский спектр СЧ20
- 2.Заполнить таблицу №11 Количество элементов на рентгеновском спектре для СЧ20
- 3.Оформить отчет

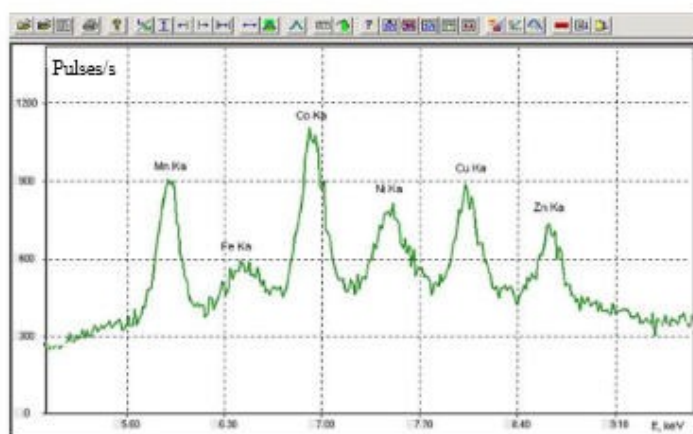


Рисунок 6- Рентгеновский спектр чугуна

### Практическая работа №4

**Название практической работы:** Определение области применения сплава в зависимости от структуры сплава: бронзы, латуни

**Цель работы:** научиться определять область применения сплава в зависимости от ее структуры

**знания (актуализация):**

- области применения бронзы, латуни

**умения:**

- определять область применения сплава в зависимости от ее структуры

Бронза - это сплав меди с разными химическими элементами, главным образом металлами (олово, алюминий, бериллий, свинец, кадмий, хром и другие). Соответственно, бронза называется оловянной, алюминиевой, бериллиевой и т.д. Бронзой не называют сплавы меди с цинком (латунь) и никелем (мельхиор, нейзильбер, константан, копель и другие медно-никелевые сплавы). Древнейшей из бронз является оловянная (именно она подразумевается в термине «бронзовый век»).

### **Области применения бронз**

Марка : БрАЖ9-4

Применение: в авиапромышленности, в машиностроении; высокие механические свойства, хорошие антифрикционные свойства, коррозионно стойкая

Марка : БрАЖМц10-3-1.5

Применение: детали химической аппаратуры; для изготовления деталей криогенной техники

Марка : БрАЖН10-4-4

Применение: детали химической аппаратуры

Марка : БрАМц10-2

Применение: заготовки, фасонное литье в судостроении; высокое сопротивление при знакопеременной нагрузке, антифрикционные детали, детали арматуры, работающие в пресной воде, жидком топливе и в паре при температуре до 250 °С

Марка : БрАЖНМц9-4-4-1

Применение: детали химической аппаратуры

Марка : БрА5

Применение: детали, работающие в морской воде, детали для химического машиностроения; деформируется в холодном и горячем состоянии, коррозионно-стойкая, жаропрочная, стойкая к истиранию

Марка : БрА7

Применение: детали для химического машиностроения; деформируется в холодном состоянии, коррозионно-стойкая, жаропрочная, стойкая к истиранию

Марка : БрОЦС4-4-4

Применение: для втулок и прокладок автомобилей и тракторов

Марка : БрОФ6.5-0.15

Применение: для пружин, втулок, вкладышей подшипников

Марка : БрОФ7-0.2

Применение: для шестерен, зубчатых колес, втулок и прокладок высоконагруженных машин

Марка : БрОЦ4-3

Применение: для токоведущих пружин, контактов штепсельных разъемов, деталей химической аппаратуры

Марка : БрО5Ц5С5

Применение: арматура, антифрикционные детали, вкладыши Подшипников

Марка : БрО6С6Ц3

Применение: для изготовления паровой и водяной арматуры

Марка : БрО10Ф1

Применение: узлы трения арматуры, высоконагруженные детали шнековых приводов, нажимные и шпindelные гайки, венцы червячных шестерен

Марка : БрО10С10

Применение: подшипники скольжения, работающие в условиях высоких удельных давлений

Марка : МК

Применение: для электродов контактной точечной и шовной сварки легких сплавов, коллекторов электродвигателей

Марка : БрНБТ

Применение: для деталей машин стыковой сварки, электродов для сварки нержавеющей стали и жаропрочных сплавов

Латуни - это сплавы меди с цинком. Процентное содержание цинка в латуни колеблется от 3% (Л96) до 43% (ЛС59-1). Латунь очень прочный и пластичный материал, а также более дешевый, чем медь.

Пример. Обозначение латуни Л63 ГОСТ 15527-70,

Л – условное обозначение латуни, 63 – процентное содержание меди (63%), остальное – цинк и примеси (37%)

Латуни разделяются на обрабатываемые давлением и литейные

Таблица 10 - Назначение некоторых марок латуни, применяемых для изготовления деталей

Марка сплава	ГОСТ	Примерное назначение
Л96	15527-70	Радиаторные трубки
Л63		Полосы, листы, ленты, трубы и проволока
ЛК80-3		Отливки для арматуры и судовые детали, работающие в морской воде
ЛМС85-2-2		Детали, подвергающиеся водяному давлению, и детали, подвергающиеся трению
ЛАЗМц-6-3-2		Водопроводная арматура (краны, вентили, водомерные приборы, подшипники, втулки и т. п.)
		Детали, подвергающиеся трению; массивные червячные винты, гайки нажимных винтов, работающие в тяжелых условиях и др.

### Ход работы

1. Заполнить таблицу 11 – «Определение области применения сплава в зависимости от структуры сплава: бронзы, латуни»

Таблица 11 - Определение области применения сплава в зависимости от структуры сплава: бронзы, латуни

Марка сплава	Область применения
БрКд1	
БрХЦр	
БрХ	
Л60	

2. Оформить отчет.

### Практическая работа №5

**Название практической работы:** Определение области применения сплава в зависимости от структуры сплава: силумины, магниевые сплавы

**Цель работы:** научиться определять область применения сплава в зависимости от структуры сплава (силумины, магниевые сплавы)

**знания (актуализация):**

-области применения сплава в зависимости от структуры сплава

умения:

- Определение области применения сплава в зависимости от структуры сплава

### Теоретическое обоснование

**Силумин** — сплав алюминия с кремнием. Химический состав — 4-22 % Si, основа — Al, незначительное количество примесей Fe, Cu, Mn, Ca, Ti, Zn, и некоторых других. Некоторые силумины модифицируются добавками натрия или лития. Добавка всего 0,05 % лития или 0,1 % натрия позволяет увеличить содержание кремния в эвтектическом сплаве до 14 %. Сплав Al-Si (силумины) обладают наилучшими литейными свойствами. В двойных сплавах Al-Si эвтектика состоит из твердого раствора и кристаллов Маркировка силуминов: А — алюминий, К — кремний, АЛ — алюминий литейный

Примеры:

АК12 — 12 % кремния, эвтектический сплав

АК9 — 9 % кремния

АК7Ц9 — 7 % кремния, 9 % цинка

В таблице 12 указаны химический состав и механические свойства алюминиевых сплавов.

Марка сплава	Содержание элементов (остальное Al),%					Способ литья вид термической обработки	σ	σ 0,2	σ -1	Б, %	KCV МДж/м²	HB
	Si	Mg	Cu	Mn			МПа					
AK12	10-12	-	-	-	-	В песчаную форму	130	20	-	2	-	50
						То же+модифицирование	180	80	42	6	-	50
AK9	8-10,5	0,15-0,3	-	0,2-0,5	-	То же+, Закалка+старение	260	200	70	4		
AK7т	6-8	0,2-0,4	-	-	-	Под давлением	220	120	-	2	-	50
						В песчаную форму, закалка+старение	220	160	-	3		75
AK8M	7,5-8,5	0,3-0,5	1,0-1,5	0,3-0,5	0,1-0,3Ti	Под давлением	270	160	-	3	0,2	80
AM4,5		-	4-5			В песчаную форму, закалка+старение	260	200	-	3	-	70
AM5			4,5-5,3	0,6-1	0,15-0,35 Ti	То же	360	250	-	3	-	100
AMr10	-	9,5-11,5	-		0,05-0,15;	В песчаную форму, закалка	360	180	70	15	-	75

Легированные силумины применяют для средних и крупных литых деталей ответственного назначения: корпусов компрессора, картеров, головок цилиндров. Высокопрочный сплав АК8М, разработанный в МВТУ им. Н.Э. Баумана, предназначен для литья под давлением. Сплав обладает хорошими литейными свойствами, обрабатываемостью резанием, свариваемостью и коррозионной стойкостью. Марганец и титан, а также бо́льшая скорость кристаллизации при литье под давлением способствуют получению метастабильной структуры при отливке деталей. Это дает возможность упрочнять отливки путем искусственного старения без предварительной закалки. Упрочнение вызывают  $\theta$ - и  $\beta$ -фазы ( $\text{CuAl}_2$  и  $\text{Mg}_2\text{Si}$ ).

Сплав АК8М применяют для литья под давлением нагруженных деталей, например блоков цилиндров, головок блоков и других деталей автомобильных двигателей.

Сплавы системы Al-Cu (АМ4,5; АМ5) характеризуются высокой прочностью при обычных и повышенных температурах; они хорошо обрабатываются резанием и свариваются. Вместе с тем из-за отсутствия эвтектики сплавы обладают плохими литейными свойствами, имеют низкую герметичность. Литейные и механические свойства сплавов системы Al-Cu улучшаются в результате легирования титаном и марганцем (АМ5). Марганец, образуя пересыщенный твердый раствор при кристаллизации из жидкого состояния, способствует значительному упрочнению сплава. Сплавы системы Al-Mg (АМг, АМг10) обладают высокой коррозионной стойкостью, прочностью, вязкостью и хорошей обрабатываемостью резанием. Они не содержат в структуре эвтектики по той же причине, что и сплавы системы Al - Si, и характеризуются невысокими литейными свойствами, пониженной герметичностью и, кроме того, повышенной чувствительностью к примесям Fe, Si, которые образуют в этих сплавах нерастворимые фазы, снижающие пластичность сплавов.

Сплавы системы Al-Mg применяют для изготовления деталей, работающих в условиях высокой влажности, в су-до-, самолето- и ракетостроении. Из них делают детали приборов, вилки шасси и хвостового оперения, штурвалы и др.

**Магниево-алюминиевые сплавы** - сплавы на основе магния. Наиболее прочные, в том числе и наиболее жаропрочные, М. с. разработаны на основе систем магний — металл с ограниченной растворимостью в твёрдом магнии. Вследствие высокой химической активности магния выбор металлов, пригодных для легирования М. с., сравнительно невелик. М. с. разделяются на 2 основные группы: литейные — для производства фасонных отливок и деформируемые — для производства полуфабрикатов прессованием, прокаткой, ковкой и штамповкой. Характерная особенность магниевых сплавов — малая плотность при

сравнительно высоких механических свойствах, что позволяет их использовать для уменьшения массы различных машин (например, отбойных молотов, деталей двигателей мотоциклов, автомобилей и т. д.).

Способность магниевых сплавов хорошо противостоять ударным нагрузкам позволяет использовать их для деталей колес автомобилей, орудий, самолетов, роликов грузовых кон. Магниеые сплавы обладают способностью к поглощению энергии, благодаря низкому модулю упругости находят широкое применение в узлах и агрегатах машин, где требуется высокая способность к поглощению энергии.

Недостаток магниевых сплавов — более низкая коррозионная стойкость по сравнению с алюминиевыми сплавами. Особенно усиленно развивается коррозия на поверхности деталей из магниевых сплавов, если в отливки попадают хлориды магния. Поэтому шихтовые материалы, пораженные коррозией, покрытые окислами и маслом, должны тщательно очищаться. Однако при обеспечении надлежащей технологии производства магниевых сплавов, а также защиты от коррозии детали могут длительное время работать в атмосферных условиях. Изделия из магниевых сплавов коррозионно-устойчивы в растворах фторатов, хроматов, минеральных масел, топлива, щелочах, жидком и газообразном кислороде.

Магниеые сплавы неустойчивы в морской воде, в среде органических и минеральных кислот, а также солях (за исключением фтористых).

Сплавы системы  $Mg-Al-Ti$  являются наиболее распространенными; содержание цинка в них значительно ниже предела растворимости (не превышает 3 %); добавка марганца (до 0,5 %) вводится для повышения коррозионной стойкости. Основным легирующим элементом является алюминий, Сплавы кристаллизуются в интервале температур (120—150 °C), склонны к образованию значительной усадочной пористости, горячих трещин и дендритной ликвации.

Из сплава МЛЗ изготавливают детали повышенной герметичности; этот сплав используют при изготовлении отливок простой конфигурации, работающих при средних статических и динамических нагрузках (корпуса насосов и др.). Сплаву присущи небольшой интервал кристаллизации и меньшая склонность к образованию микропористости в отличие от сплавов МЛ5 и МЛ6.

Сплав МЛ4 характеризуется высокой коррозионной стойкостью, но отливки из этого сплава предрасположены к микропористости и горячеломкости, поэтому



сплав МЛ4 не рекомендуется для литья в кокиль и под давлением. Сплав применяют при литье деталей средней нагруженности, работающих при статических и динамических нагрузках, корпусных деталей приборов и кронштейнов после термической обработки.

Отливкам из сплава МЛ4пч и МЛ5пч присуща повышенная коррозионная стойкость (при высокой влажности в условиях тропического и морского климата и температуре, не превышающей 150 °С).

Сплав МЛ6 можно применять для литья в песчаные формы, кокиль и под давлением при производстве высоко-нагруженных отливок с повышенным пределом текучести и нагруженных отливок, работающих в тяжелых атмосферных условиях (высокой влажности). Сплав МЛ6 обладает хорошими литейными свойствами, но в литом состоянии не используется из-за высокой хрупкости.

Сплавы на основе системы  $Mg-Zn-Zr-(Me)$  по сравнению с предыдущей группой более прочны и достаточно пластичны. Измельчение структуры при введении циркония обуславливает меньшую чувствительность этих сплавов к толщине сечения отливки, выравнивает их механические свойства. Добавка лантана (МЛ 15) повышает жаропрочность сплава.

Сплав МЛ8 более легирован и имеет повышенные прочностные свойства при хорошей пластичности. Предназначен для отливок средненагруженных деталей, работающих длительно при температуре до 150 °С.

Сплав МЛ 12 предназначен для отливки деталей, длительно работающих при температурах до 200 °С и кратковременно — до 250 °С. Сплав обладает удовлетворительными литейными свойствами и более высокой, чем у МЛ5, коррозионной стойкостью.

Сплав МЛ 15 рекомендуется применять для литья высоконагруженных герметичных деталей, длительно работающих при температуре 250 °С. Добавка лантана образует самостоятельную фазу  $La_2Mg_{17}$ , которая повышает прочность и улучшает технологические свойства.

Сплавы на основе системы  $Mg-P3M-Zr$  содержат в твердом растворе небольшие добавки цинка и циркония, основными легирующими элементами являются РЗМ. Сплавы с неодимом упрочняются как по растворному типу, так и интерметаллидной фазой  $Mg_2Nd$ , что способствует сокращению механических свойств при повышенной температуре. Сплавы с неодимом

имеют хорошие технологические и литейные свойства, дают плотные отливки с однородными свойствами в тонких и толстых сечениях.

Сплавы с РЗМ (МЛ 11) легируют мишметаллом (75 % Се, остальное — РЗМ), что приводит к образованию интерметаллида  $Mg_{12}Se$ . В процессе термической обработки сплав упрочняется дисперсными частицами интерметаллидов, равномерно распределенных в твердом растворе.

Сплав МЛ9 рекомендуется применять как для литья в песчаные формы, так и для литья в кокиль высоконагруженных деталей, работающих при 250 °С и требующих высокой герметичности.

Сплав МЛ 10 отличается высокой герметичностью и предназначен для изготовления высоконагруженных отливок, работающих при температурах 250—300 °С, хорошо обрабатывается резанием, сваривается.

Сплав МЛН наиболее жаропрочен среди магниевых сплавов и предназначен для деталей, длительное время эксплуатируемых при 250—350 °С и кратковременно — до 400 °С. Сплав обладает хорошими технологическими свойствами; отливки из этого сплава имеют повышенную герметичность.

Сплав МЛ 19 предназначен для производства высоконагруженных отливок, работающих при 250—300 °С. Применение при 200—250 °С нецелесообразно, так как сплав при этих температурах не имеет преимущества перед сплавами с редкоземельными металлами.

Сплавы МЛ6 и МЛ5 рекомендуется применять для литья под давлением, в песчаные формы и кокиль, так как

они обладают хорошей жидкотекучестью и малой склонностью к образованию рыхлот и трещин. Из сплавов отливают высоконагруженные детали двигателей и агрегатов, работающие при статических и динамических нагрузках, корпусные детали приборов, кронштейны и другие детали, работающие при температуре до 150°С.

### Ход работы

#### 1. Заполнить таблицу 13.

Таблица 13 - Определение области применения сплава в зависимости от структуры сплава: силумины и магниевые сплавы

Марка сплава	Область применения

2.Оформить отчет.

### **Список литературы**

1. Теория и технология литейного производства. В 2-х ч. Ч. 1. Формовочные материалы и смеси: Учеб. / Д.М. Кукуй и др. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2019. - 384 с.: ил.; - (Высшее образование)-Режим доступа-<http://znanium.com/catalog/product/389769>

2.Теория и технология литейного производства. В 2-х ч. Ч. 2. Технология изготовления отливок в разных формах: Учеб. / Д.М. Кукуй и др. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2018. - 406 с.: ил.; - (Высшее образование)-Режим доступа:<http://znanium.com/catalog/product/389768> /[znanium.com/catalog/product/](http://znanium.com/catalog/product/)

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

## **ОТЧЕТ**

по выполнению практических (лабораторных) работ  
по ПМ 01. «Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и  
производства отливок из черных и цветных металлов»  
МДК 01.03. «Анализ свойств и структуры материалов»

выполнил \_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_

проверил \_\_\_\_\_

Челябинск, 2021

## **ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

### **Отчет должен быть оформлен:**

1. Шрифт Times New Roman, кегль 14, межстрочный интервал 1,5.
2. Допускается оформление отчета в рукописном варианте.
3. На формате отчета должен присутствовать малый штамп.
4. Работа кроме титульного листа должна содержать ведомость с указанием выполненных работ и графой для оценки.

### **Структура отчета должна содержать:**

1. Тема практической работы (название).
2. Цель практической работы.
3. Ход работы.
4. Ответ на контрольный вопрос.

### **Критерии оценки работы**

Оценка отлично – ставится за правильно выполненную работу с верным ответом на контрольный вопрос.

Оценка хорошо – ставится за правильно выполненную работу без ответа на контрольный вопрос.

Оценка удовлетворительно – ставится за работу с некоторыми неточностями.

Оценка неудовлетворительно ставится в случае отсутствия отчета по работе.