

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра автомобилей и автомобильного хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
«13» _____ 2018 г.



**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА,
СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания к практическим занятиям

Курск 2018

УДК 656.13.071.8

Составители: Е.В. Агеев, А.С. Переверзев

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент С.В. Пикалов

Современные методы исследования состава, структуры и свойств материалов : методические указания к практическим занятиям / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.В. Агеев, А.С. Переверзев. – Курск, 2018. – 56 с.: ил. 14, табл. 15, – Библиогр.: с. 56.

Представлены общие сведения по решению практических задач по дисциплине «Современные методы исследования состава, структуры и свойств материалов». Приведены основные методы решения задач, что помогает усвоить и глубже понять теоретические положения курса.

Пособие предназначено для аспирантов очной и заочной форм обучения направлений подготовки 22.06.01 «Технологии материалов».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 13.11.18. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 3,3. Уч.-изд. л. 2,9. Тираж 100 экз. Заказ 188. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	5
Общие указания к практическим занятиям	6
Тема 1. Строение и свойства металлов, сплавов и неметаллических материалов	7
1.1. Теоретическое введение	7
1.2. Строение и свойства металлов	13
1.3. Порядок выполнения работы	19
Тема 2. Построение кривых охлаждения	20
2.1. Краткие теоретические сведения	20
2.2. Пример практического решения задачи	22
2.3. Задачи для самостоятельного решения	23
Тема 3. Определение основных свойств чугунов по их маркам	24
3.1. Краткие теоретические сведения	24
3.2. Задачи для самостоятельного решения	26
Тема 4. Определение основных свойств углеродистых сталей по их маркам	28
4.1. Краткие теоретические сведения	28
4.2. Задачи для самостоятельного решения	29
Тема 5. Определение основных свойств легированных сталей по их маркам	31
5.1. Краткие теоретические сведения	31
5.2. Задачи для самостоятельного решения	32
Тема 6. Определение основных свойств сплавов цветных металлов по их маркам	34
6.1. Краткие теоретические сведения	34
6.2. Задачи для самостоятельного решения	37
Тема 7. Выбор материала для деталей машин	40
7.1. Краткие теоретические сведения	40
7.2. Порядок выполнения работы	40
7.3. Задачи для самостоятельного решения	41
Тема 8. Макроструктурный анализ	42
8.1. Пояснения к работе	42

8.2	Изучение макроструктуры по излому	42
8.3	Изучение макроструктуры по макрошлифам	44
8.4	Определение химической неоднородности методом отпечатков	47
8.5	Задачи для самостоятельного решения	50
Тема 9.	Применение методов термической обработки материалов	51
9.1	Краткие теоретические сведения	51
9.2	Задание на практическую работу	54
	Библиографический список	56

ВВЕДЕНИЕ

Разнообразие свойств материалов является главным фактором, определяющим их широкое применение в технике. Материалы обладают отличающимися друг от друга свойствами, причем каждое зависит от особенностей внутреннего строения материала.

Современный научно-технический прогресс неразрывно связан с разработкой и использованием новых материалов. Совершенствование применяемых материалов является необходимым условием успешного развития любой отрасли техники. Знание свойств материалов и объективных закономерностей зависимости этих свойств от физической природы, структуры, состава, технологических и эксплуатационных факторов позволяет специалисту не только грамотно выбирать материал при проектировании устройств, но и грамотно эксплуатировать их.

При написании практикума учитывались как происшедшие за последние годы изменения, так и выполненные научно-исследовательские работы, опыт предприятий автомобильного транспорта, а также практика преподавания этих материалов на кафедре автомобилей, транспортных систем и процессов ЮЗГУ.

Материалы практикума помогут студентам при изучении профессиональных дисциплин, в которых вопросы изучения свойств, состава и структуры материалов получают дальнейшее развитие, углубление и конкретизацию.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

В процессе изучения дисциплины «Современные методы исследования состава, структуры и свойств материалов» каждый студент должен выполнить практические занятия.

Практическое занятие состоит из кратких теоретических сведений, задания для выполнения.

Каждый студент выполняет практические занятия самостоятельно в соответствии с индивидуальным заданием, используя данные методические указания, учебники, учебные пособия, справочники, ГОСТы и др.

Отчет по практическим занятиям должен быть представлен в сброшюрованном виде на листах формата А4 (210x297). Все листы, кроме титульного, нумеруются. Титульный лист оформляется по форме, образец которой представлен на кафедре или выдается преподавателем. Отчет должен содержать следующие основные элементы: вариант исходных данных; методику решения задания и выводы; список использованных источников.

Отчет по практическим заданиям может быть выполнен с использованием персонального компьютера.

Изложение практического занятия должно быть кратким, логичным, четким, призванным дать обоснование принятым решениям. Сокращение слов в тексте не допускается. Значение символов и числовых коэффициентов, входящих в формулы, должны быть приведены непосредственно под формулой. Графические изображения могут быть выполнены на миллиметровой бумаге.

Практические занятия, выполненные не по вариантам и не по установленной форме, к защите не принимаются.

Тема 1. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1.1 Теоретическое введение

Металлы обладают высокими теплопроводностью и электрической проводимостью, ковкостью, блеском и другими свойствами, обусловленными наличием в них кристаллической решетке большого числа свободных электронов.

Обычно металлы применяют в виде сплавов. Металлический сплав представляет собой вещество, обладающее свойствами металлов и получаемое в результате взаимодействия двух или нескольких элементов.

Все металлы и сплавы можно разделить на черные (железо и сплавы на его основе) и цветные (все остальные металлы и сплавы).

Черные металлы

Железо (Fe) блестящий серебристо-белый металл с сероватым оттенком, легко обрабатывается резанием и давлением. Его плотность $7,8 \text{ г/см}^3$, температура плавления 1812 К . В чистом виде из-за низкой прочности практически не используется.

Сталь - сплав железа с углеродом (до 2,14%) и другими элементами. Содержание углерода оказывает определенное влияние на свойства стали: с увеличением углерода возрастают, например, твердость, предел прочности сплава, но уменьшаются пластичность и ударная вязкость. Плотность стали $7,7\text{-}7,9 \text{ г/см}^3$.

По химическому составу стали подразделяются на *углеродистые* и *легированные*. Углеродистая сталь наряду с железом и углеродом содержит марганец (до 1%) и кремний (до 0,4%), а также вредные примеси (серу, фосфор). В состав легированных сталей помимо указанных компонентов, входят легирующие элементы (хром, никель, титан и др.), повышающие качество сплавов.

По назначению различают стали конструкционные, инструментальные и стали с особыми физическими и химическими свойствами. Конструкционные стали (содержание углерода примерно 0,4...0,7%) применяют для изготовления деталей машин, конструкций и сооружений. Эти стали должны обладать высокой

прочностью, пластичностью и вязкостью в сочетании с хорошими технологическими свойствами.

Инструментальные стали отличаются довольно высоким содержанием углерода (0,7...2,14%) и обладают высокой твердостью, прочностью, износостойкостью; применяются для изготовления различного инструмента.

По качеству стали классифицируют на стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особовысококачественные.

По способу придания формы и размеров различают сталь литейную (стальное фасонное литье), ковкую (поковки, свободнойковки и штамповки), катаную (прокат различного профиля: прутки, лента, лист и др.).

Чугун - сплав железа с углеродом (более 2,14%), некоторым количеством марганца, кремния, серы, а иногда другими элементами. Чугун более хрупок, чем сталь, он хуже сваривается, но обладает лучшими литейными свойствами. Поэтому изделия из чугуна получают исключительно литьем. Плотность чугуна 7-8 г/см³.

По назначению и химическому составу чугуны разделяются на литейные, передельные, ковкие и специальные.

В отливках из серого чугуна (литейного) углерод находится в свободном состоянии в виде пластинчатого графита, сообщающего излому серый цвет. Серый чугун сравнительно мягок, хорошо обрабатывается резанием и обладает отличными литейными свойствами, поэтому из него изготавливаются чугунные литье для нужд машиностроения и других отраслей промышленности (корпусные детали, станины, блоки цилиндров и т.п.).

Отливки из белого чугуна (передельного) в изломе блестяще-белого цвета (отсюда и название), чугун хрупок, тверд и трудно обрабатывается резанием, т.к. углерод находится в связанном состоянии в виде карбида железа. Белые чугуны перерабатываются в сталь, поэтому их и называют передельными.

Ковкий чугун получают путем длительного отжига белого чугуна. Он имеет в структуре графит хлопьевидной формы и в связи с этим обладает довольно высокими механическими свойствами, прежде всего пластичностью. Ковкие чугуны

используют для изготовления ответственных и тонкостенных отливок (корпусы подшипников, картеры редукторов, звездочки приводных цепей и т.п.).

Для повышения качества чугунных отливок применяют модифицирование чугуна путем добавки незначительных количеств модификаторов. Большое распространение получил так называемый высокопрочный чугун с включениями шаровидного графита (модифицирование серого чугуна магнием или цезием). Предел прочности этого вида чугуна очень высок, основные физические и технологические качества его также выше, чем у серого. Из высокопрочного чугуна изготавливают как мелкие тонкостенные отливки (поршневые кольца), так и отливки массой более 10 т (шаботы ковочных молотов, рамы прессов и прокатных станов).

Специальные чугуны, называемые также ферросплавами (ферросилиций, ферромарганец, феррохром и др.), отличаются от обычного чугуна повышенным содержанием кремния и марганца, а также хрома, титана, вольфрама и других элементов: Применяются ферросплавы для раскисления и легирования стали.

Цветные металлы и сплавы

Алюминий - легкий металл серебристо-белого цвета, его плотность $2,7 \text{ г/см}^3$, температура плавления 933 К. Механические свойства литого алюминия высокой чистоты и технического (отожженного)- алюминия соответственно следующие: предел прочности $\sigma_B=50$ и 80 МПа, твердость НВ 150 и 250 МПа, относительное удлинение $\delta=45$ и 30%.

Чистый алюминий - хороший проводник тепла и электрического тока, легко поддается холодной и горячей обработке давлением. Применяется для изготовления электропроводов, химической аппаратуры, для производства легких сплавов и т. п.

Основное промышленное применение получили алюминиевые сплавы, которые можно разделить на две группы: деформируемые и литейные.

Деформируемые сплавы обладают достаточно высокой прочностью и пластичностью ($\sigma_B=120...350$ МПа, НВ 400...500, $\delta =$

10... 25%) и поэтому сравнительно легко поддаются обработке как в горячем, так и в холодном состоянии (прокатке, прессованию, волочению, ковке, штамповку и др.); из деформируемых сплавов изготавливают прутки, листы, проволоку, прессованные профили, поковки и т.д.

К этой же группе сплавов относятся и дуралюмины сплавы со сложным химическим составом, основу которого составляют алюминий, медь и магний; для повышения коррозионной стойкости добавляют марганец. Дуралюмины характеризуются небольшой плотностью, высокой прочностью, достаточной твердостью и вязкостью ($\sigma_B = 200...250$ МПа, НВ 400...500, $\delta = 18...25\%$).

Из литейных алюминиевых сплавов изделия получают методом литья. Такие сплавы обладают высокой жидкотекучестью, что позволяет изготавливать тонкостенные, плотные отливки со сравнительно малой усадкой, без трещин, с высокой прочностью, коррозионной стойкостью, тепло- и электропроводностью ($\sigma_B = 130...300$ МПа, НВ500... 800, $\delta = 2...6\%$).

Никель - пластичный, блестящий белый металл с серебристым оттенком. Его плотность $8,9$ г/см³, температура плавления 1726 К. Применяется главным образом в качестве легирующего элемента в производстве специальных сталей и сплавов (жаропрочных, нержавеющих и др.) и для защитных покрытий (никелирования).

Никелевые сплавы отличаются жаростойкостью, жаропрочностью, ценными магнитными или электрическими свойствами, высокой коррозионной стойкостью, прочностью и пластичностью (для мягких и твердых сплавов соответственно $\sigma_B = 420...600$ и $730...820$ МПа, НВ900...1400 и 1900, $\delta = 40$ и 3%). Благодаря этим ценным свойствам, никелевые сплавы используются для изготовления специальной аппаратуры, деталей точных измерительных приборов и т.п.

Медь - мягкий, пластичный металл розово-красного цвета, его плотность $8,44$ г/см³, температура плавления 1356 К. Во влажной атмосфере покрывается зеленой пленкой окиси. Обладает высокой электро- и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, пластичностью (соответственно для литой и горячедеформируемой технической меди $\sigma_B = 160$ и 240 МПа, НВ 160 и 40, $\delta = 25$ и 45%), что и определяет область ее применения: около 50% добываемой меди

идет на нужды электротехнической промышленности. На основе меди изготавливают также сплавы - латуни, бронзы и др.

Медно-цинковые сплавы с содержанием меди от 55 до 91% называются *латунями*. Добавка в сплав, таких элементов, как алюминий, марганец и др., повышает его твердость, прочность ($\sigma_B=260...450$ МПа, НВ530...1000, $\delta=25...65\%$). Латуни нашли широкое распространение в машиностроении для изготовления листов, лент, полос, труб, арматур, втулок и т.д.

Бронзы - это сплавы меди с любым другим металлом (кроме цинка), а также с металлоидами. В качестве компонентов сплава применяются олово, алюминий, бериллий, марганец, свинец, кремний и др. Разнообразные бронзы, обладающие высокой прочностью, пластичностью, антифрикционными свойствами и коррозионной стойкостью, применяются в различных отраслях техники.

Магний - очень легкий, пластичный, блестящий металл серебристо-белого цвета, плотностью $1,74$ г/см³ и температурой плавления 924 К. Механические свойства деформированного и отожженного магния: $\sigma_B=190$ МПа, НВ400, $\delta=11\%$. Применяется для производства легких сплавов, раскисления получения ванадия, титана, урана, а также высокопрочного чугуна и др.

Цинк - блестящий металл голубовато-белого цвета, его плотность $7,1$ г/см³, температуру плавления 692 К. На воздухе покрывается пленкой окиси. Применяется в качестве листового проката, в сплавах с другими металлами, для цинкования изделий, в химическом производстве и др.

Свинец - блестящий, мягкий металл синевато-серого цвета, очень пластичен, плотностью $11,3$ г/см³ температурой плавления 600 К, легко обрабатывается давлением в холодном-состоянии. Применяется для изготовления оболочек кабелей, аккумуляторных пластин, химической аппаратуры и в виде сплавов с другими металлами.

Олово - мягкий, пластичный (плотность $7,3$ г/см³, температура плавления 505 К), серебристо-белый блестящий металл, медленно тускнеющий на воздухе. Применяется для изготовления белой жести (консервная промышленность), в виде сплавов с другими материалами (бронза, антифрикционные сплавы) и для пайки.

Хром - серебристо-белый блестящий металл плотностью $7,2 \text{ г/см}^3$ и температурой плавления 1823 К . Применяется главным образом в качестве легирующего элемента при выплавке жаропрочной, легированной стали и других сплавов, а также для защитных покрытий (хромирование).

Титан - легкий, тугоплавкий, прочный и пластичный металл серебристо-белого цвета, его плотность $4,5 \text{ г/см}^3$, температура плавления 1938 К . Чистый титан имеет следующие механические свойства: $\sigma_B=250 \text{ МПа}$, $\text{НВ}<1000$ и $\delta=60\%$, а у технического титана, содержащего значительно больше примесей, $\sigma_B =300\text{...}550 \text{ МПа}$, $\text{НВ } 2070$, $\delta =27\text{...}30\%$. Чем больше примесей, тем выше прочность и ниже пластичность. Используется в химической промышленности, для производства сплавов, характеризующихся высокой прочностью, небольшой плотностью, высокой коррозионной стойкостью. Титановые сплавы также широко применяются в самолето- и ракетостроении. С углеродом титан образует очень твердые карбиды. Механические свойства титановых сплавов в отожженном состоянии: $\sigma_B=800\text{...}1000 \text{ МПа}$, $\text{НВ } 2600\text{...}3000$, $\delta = 8\text{...}20\%$.

Молибден - серебристо-серый блестящий тугоплавкий металл, его температура плавления 2893 К , плотность- $10,2 \text{ г/см}^3$ ($\sigma_B =800\text{...}2500 \text{ МПа}$, $\text{НВ } 2000\text{...}2550$). Используется в производстве легированных сталей жаропрочных и кислотоупорных сплавов, для электроосветительных ламп и электровакуумных приборов.

Вольфрам - тяжелый тугоплавкий металл (плотность $19,3 \text{ г/см}^3$ температура плавления 3683 К) светло-серого цвета. Широко применяется при изготовлении электрических ламп (нити накаливания) деталей в радиоэлектронике, а также для легирования стали, в производстве твердых, износостойких и жаропрочных сплавов.

Цирконий - химически активный твердый тугоплавкий металл серебристо-белого цвета. Чистый йодный цирконий отличается пластичностью, хорошо обрабатывается, представляет собой прекрасный антикоррозионный материал, его плотность $6,4 \text{ г/см}^3$, температура плавления 2125 К . Благодаря своим свойствам цирконий применяется для изготовления деталей химической аппаратуры, медицинского инструмента, служит конструкционным

материалом в ядерной энергетике и т.д. Добавка его в стали и цветные сплавы позволяет значительно повысить их механические свойства.

Механические свойства технически чистого циркония оценивают значениями $\sigma_B = 400 \dots 600 \text{ МПа}$ и $\delta = 20 \dots 30\%$.

Бериллий - легкий светло-серый металл с плотностью $1,85 \text{ г/см}^3$ и температурой плавления 1557 К . Имея небольшую плотность, бериллий превосходит по прочности (при температуре 773 К) даже титановые сплавы. Бериллий является также хорошим замедлителем нейтронов. Кроме того, он обладает большой коррозионной стойкостью, благодаря чему получил применение в авиации, ракетостроении и ядерной технике.

1.2 Строение и свойства металлов

Металлы – один из классов конструкционных материалов, характеризующийся определенным набором свойств:

К физическим свойствам металлов относят плотность, температуру плавления, цвет, блеск, непрозрачность, теплопроводность, электропроводность, тепловое расширение. По плотности металлы разделяют на легкие (до 3000 кг/м^3) и тяжелые (от 6000 кг/м^3 и выше); по температуре плавления — на легкоплавкие (до 973 К) и тугоплавкие (свыше 1173 К). Каждый металл или сплав обладает определенным, присущим ему цветом.

Прочность — способность металла в определенных условиях и пределах не разрушаясь воспринимать те или иные воздействия, нагрузки. Это свойство учитывается при изготовлении и проектировании изделий, выборе того или иного металла, сплава. Наибольшее напряжение, которое может выдержать металл, не разрушаясь, называют **пределом прочности**, или временным сопротивлением разрыву. Образцы для измерения прочности подвергают испытанию на специальной разрывной машине, которая постепенно, с возрастающей силой растягивает образец до полного разрыва.

Упругость — свойство металла восстанавливать свою форму после прекращения действия внешних сил, вызвавших деформацию. Наибольшее напряжение, после которого металл

возвращается к своей первоначальной форме, называют пределом упругости. Если при дальнейшем повышении нагрузки напряжение превышает предел упругости и удлинение сохраняется после разгрузки образца, такое состояние **называют остаточным удлинением**. Далее наступает предел текучести, т.е. образец продолжает удлиняться без увеличения нагрузки.

Пластичность — свойство металла под действием внешних сил изменять, не разрушаясь, свою форму и размеры и сохранять остаточные (пластические) деформации после устранения этих сил. Данное свойство также определяется и измеряется на разрывной машине. Высокой пластичностью обладают золото, серебро, платина и их сплавы. Менее пластичны медь, алюминий, свинец. Это свойство металлов имеет большое значение в давальном и штамповочном производстве, волочении, прокатке.

Твердость — свойство металлов сопротивляться проникновению в них другого тела под действием внешней нагрузки, что необходимо учитывать при выборе инструментов для обработки металлов резанием. Например, важно знать твердость обрабатываемого металла, чтобы подобрать соответствующую фрезу или сверло. Испытания металлов на твердость проводят на специальных приборах — твердометрах.

Выносливость — свойство металлов сопротивляться действию повторных нагрузок. Температурные условия значительно влияют на механические свойства металлов: при нагревании их прочность понижается, а пластичность увеличивается; при охлаждении некоторые металлы становятся хрупкими, например, сталь некоторых марок, цинк и его сплавы. Нехладноломкими являются алюминий и медь.

Хрупкость — некоторые металлы обладают хрупкостью и при нормальных условиях, примером является серый чугун. В производстве изделий учитывается способность металлов поддаваться обработке, т.е. такие их технологические свойства, как ковкость, жидкотекучесть, литейная усадка, свариваемость, спекаемость, обрабатываемость резанием и некоторые другие.

Ковкость — способность металлов подвергаться ковке и другим видам обработки давлением (прокатке, прессованию,

волочению, штамповке). Металлы могут коваться в холодном состоянии (золото, серебро, медь), а также в горячем (сталь).

Износостойкость – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.

Коррозионная стойкость – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных, щелочных сред.

Жаростойкость – это способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

Жаропрочность – это способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.

Хладостойкость – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.

Антифрикционность – способность материала прирабатываться к другому материалу.

Жидкотекучесть — свойство расплавленного металла заполнять литейную форму. Высокой жидкотекучестью обладают цинк и его сплавы, чугун, бронза, олово, силумин (сплав алюминия с кремнием), латунь, некоторые магниевые сплавы. Низкой жидкотекучестью обладают сталь, красная медь, чистое серебро.

Литейная усадка—уменьшение объема металла при переходе из жидкого состояния в твердое. Это необходимо учитывать при изготовлении формы для отливки. Отливка получается всегда меньше модели, по которой сделана форма. Металлы с большой усадкой для литья почти не используют.

Свариваемость — способность металла прочно соединяться путем местного нагрева и расплавления свариваемых кромок изделия. Сплавы свариваются труднее, чистые металлы — легче. Легко свариваются изделия из малоуглеродистой стали. Плохо поддаются сварке чугун и высокоуглеродистые легированные стали.

Из химических свойств металлов и их сплавов наиболее важными в производстве художественных изделий являются растворение (взаимодействие с кислотами и щелочами) и окисление (антикоррозийная стойкость, т.е.стойкость к воздействию окружающей среды — газов, воды и т.д.).

Растворение (разъедание) — способность металлов растворяться в сильных кислотах и едких щелочах. Это свойство широко используется в различных областях производства художественных изделий. Растворение бывает частичное и полное. Частичное применяется для создания чистой поверхности изделия.

Окисление — способность металлов соединяться с кислородом и образовывать окислы металлов.

Данные свойства обусловлены особенностями строения металлов.

Все металлы, затвердевающие в нормальных условиях, представляют собой кристаллические вещества, то есть укладка атомов в них характеризуется определённым порядком — периодичностью, как по различным направлениям, так и по различным плоскостям. Этот порядок определяется понятием кристаллическая решётка.

Другими словами, **кристаллическая решётка** это воображаемая пространственная решетка, в узлах которой располагаются частицы, образующие твердое тело.

Элементарная ячейка — элемент объёма из минимального числа атомов, многократным переносом которого в пространстве можно построить весь кристалл.

Элементарная ячейка характеризует особенности строения кристалла. Основными параметрами кристалла являются:

- размеры ребер элементарной ячейки. a , b , c — периоды решетки — расстояния между центрами ближайших атомов. В одном направлении выдерживаются строго определенными.

- углы между осями (α , β , γ).

- координационное число (K) указывает на число атомов, расположенных на ближайшем одинаковом расстоянии от любого атома в решетке.

- базис решетки количество атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку решетки.

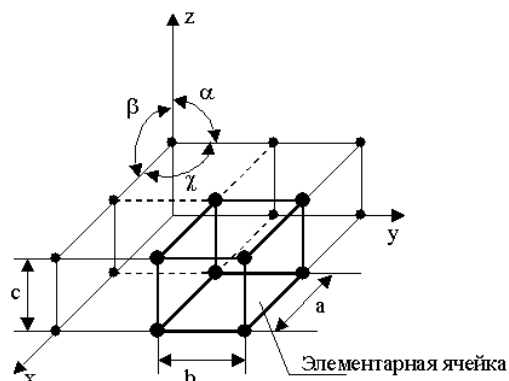


Рисунок 1 - Схема кристаллической решетки

Классификация возможных видов кристаллических решеток была проведена французским ученым О. Браве, соответственно они получили название «решетки Браве». Всего для кристаллических тел существует четырнадцать видов решеток, разбитых на четыре типа;

- примитивный – узлы решетки совпадают с вершинами элементарных ячеек;
- базоцентрированный – атомы занимают вершины ячеек и два места в противоположных гранях;
- объемно-центрированный – атомы занимают вершины ячеек и ее центр;
- гранецентрированный – атомы занимают вершины ячейки и центры всех шести граней.

В металлических материалах, как правило, формируются три типа кристаллических решеток: объемноцентрированная кубическая (ОЦК), гранецентрированная кубическая (ГЦК) и гексагональная плотноупакованная (ГПУ). Элементарные ячейки ОЦК, ГЦК и ГПУ решеток показаны на рисунке 2.

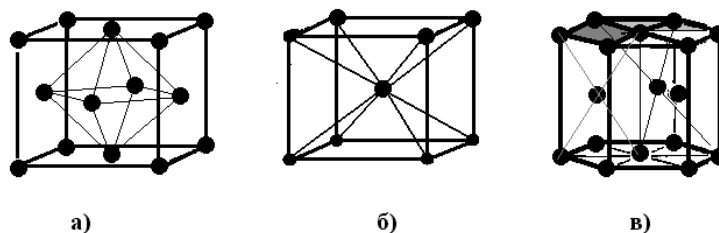


Рисунок 2 – Типы кристаллических решеток металлов.
а) Г.Ц.К., б) О.Ц.К., в) Г.П.У.

Основными типами кристаллических решеток являются:

1. Объемно - центрированная кубическая (ОЦК), атомы располагаются в вершинах куба и в его центре
2. Гранецентрированная кубическая (ГЦК), атомы располагаются в вершинах куба и по центру каждой из 6 граней
3. Гексагональная, в основании которой лежит шестиугольник:
 - простая – атомы располагаются в вершинах ячейки и по центру 2 оснований (углерод в виде графита);
 - плотноупакованная (ГПУ) – имеется 3 дополнительных атома в средней плоскости (цинк).

ОЦК решетку имеют такие металлы, как вольфрам, молибден, ниобий, низкотемпературные модификации железа, титана, щелочные металлы и ряд других металлов. Серебро, медь, алюминий, никель, высокотемпературная модификация железа и ряд других металлов имеют ГЦК решетку. ГП решетка у магния, цинка, кадмия, высокотемпературной модификации титана.

Пластмассы:

Эти материалы обладают довольно малой плотностью (1,1...1,8/г/см³). Они почти в два раза легче алюминиевых сплавов, в 5-6 раз легче черных металлов. Пластические массы обладают значительной прочностью, коррозионной стойкостью в ряде агрессивных сред, фрикционными (некоторые антифрикционными) и диэлектрическими свойствами, водо-, морозо- и светостойкостью.

При замене черных металлов пластмассами трудоемкость изготовления изделий снижается в 5 раз, а себестоимость в 3-5 раз. Еще более эффективна замена пластмассами цветных металлов: например, детали из пластмасс в 10 раз дешевле бронзовых.

Благодаря малой плотности и другим достоинствам, пластмассы широко применяются в авто-, самолето- и ракетостроении, в точном приборостроении, электропромышленности, радиотехнике, телевидении и т.д.

Древесные материалы (плотность 0,45... 1,4 г/см³) изучаются более подробно в специальной лабораторной работе, и поэтому в отчете данной работы достаточно указать область применения и внешние отличительные признаки (цвет, текстура, блеск и запах), По цвету различают породы древесины и определяют их качество:

равномерная окраска характеризует доброкачественность древесины, темные и цветные полосы указывают на ее повреждение гнилью, плесенью и т.д.

Текстурой древесины называют естественный рисунок на ее разрезах, характерный для каждой породы.

Древесина ряда пород (бук, ясень и др.) обладает блеском, который наиболее ярко выражен на радиальной поверхности. Запах древесины обусловлен находящимися в ней эфирными маслами, смолами и дубильными веществами.

1.3 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с плакатом «Металлы и сплавы» и со стандартами на металлы и сплавы.

2. Рассмотреть образцы металлов и сплавов, изучить их свойства и определить область применения.

3. Рассмотреть изломы и определить материал образца.

4. Определить плотность металла одного образца по указанию преподавателя.

5. Ознакомиться с образцами профиля проката, поковками свободнойковки и штамповки, стальным и чугунным фасонным литьем.

6. Результаты изучения и наблюдения свойств и внешних признаков образцов записать в таблице 1.

7. В таком же порядке изучаются неметаллические конструкционные материалы.

Таблица 1 – Классификация свойств материалов

Номер образца	Название материала образца	Номер ГОСТа	Цвет и другие внешние признаки	Плотность, г/см ³	Температура плавления, К	Механические и другие свойства известные исполнителю	Область применения
1	2	3	4	5	6	7	8

Тема 2. ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ОХЛАЖДЕНИЯ

2.1 Краткие теоретические сведения

Для определения температурных интервалов, видов термической обработки, температуры плавления и заливки сплава в литейные формы пользуются специальными диаграммами состояния сплавов.

Диаграмма состояния сплавов - графическое изображение фазового состояния сплавов в зависимости от температуры и концентрации компонентов.

Для построения диаграмм состояния сплавов используют множество кривых охлаждения сплавов с различными концентрациями компонентов в зависимости от температуры и времени охлаждения. Однотипные критические точки (например, соответствующие температурам плавления сплавов) кривых охлаждения соединяют линией. Замкнутая область на диаграмме состояния, ограниченная линиями, имеет однотипную структуру.

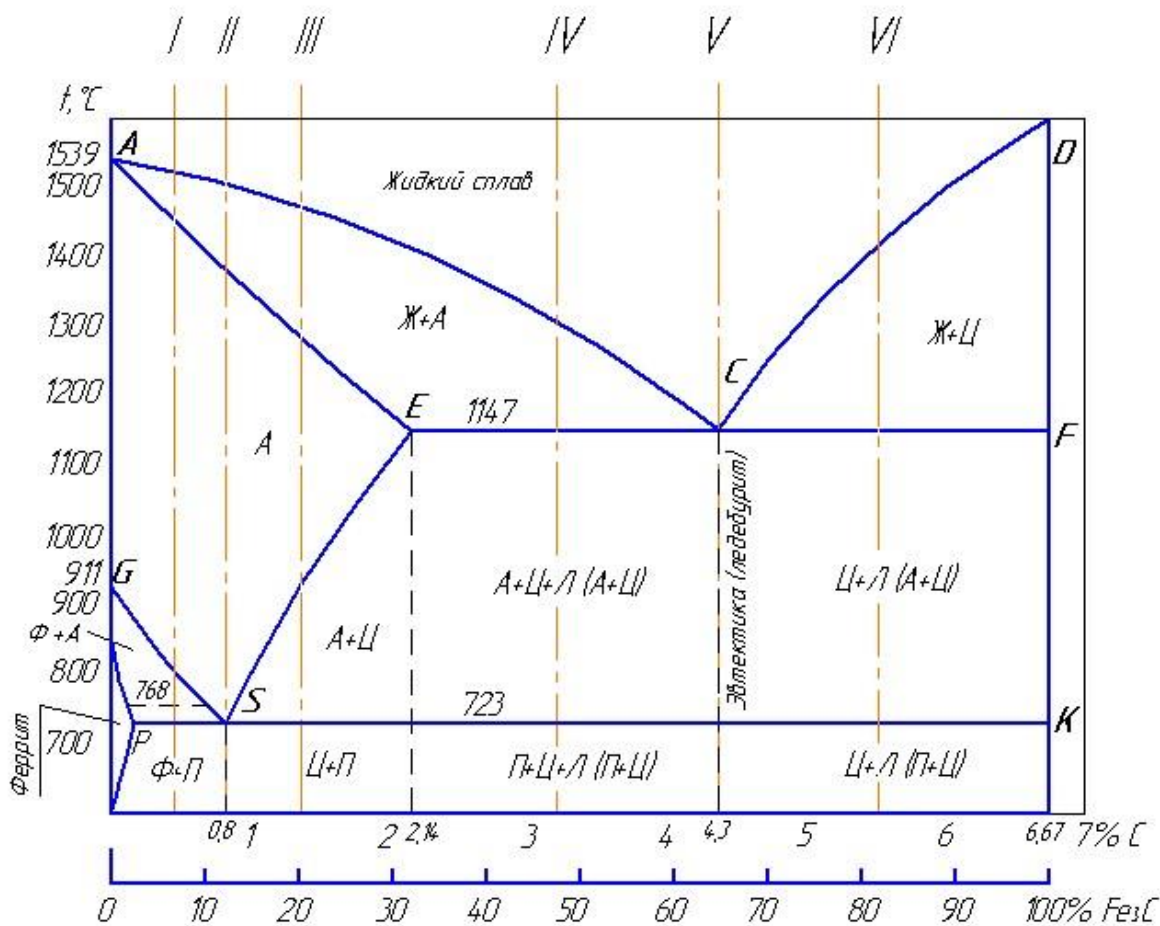


Рисунок 3 – Диаграмма состояния сплавов Fe – Fe₃C

Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов
(рисунок 3):

Феррит (Φ) - твердый раствор внедрения углерода в α -железе. Наибольшая растворимость углерода в феррите 0,02 % при 727°C. Феррит имеет незначительную твёрдость (НВ 80 - 100) и прочность ($\sigma_B=250$ МПа), но высокую пластичность ($\delta=50$ %; $\Psi=80$ %).

Аустенит (A) - твердый раствор внедрения углерода в γ -железе. Существует только при высоких температурах. Предельная растворимость углерода в γ -железе 2,14 % при температуре 1147°C и 0,8 % при 727°C. Аустенит имеет твёрдость НВ 160 - 200 и пластичность $\delta=40 - 50$ %

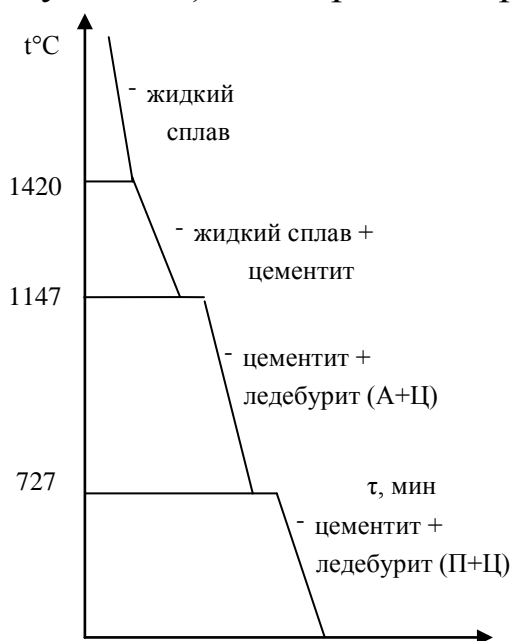
Цементит (C) - химическое соединение железа с углеродом (карбид железа Fe_3C). В цементите содержится 6,67% углерода. Температура плавления цементита около 1600°C. Имеет сложную кристаллическую решетку. Самая твердая (НВ~800) и хрупкая составляющая железоуглеродистых сплавов.

Перлит - механическая смесь феррита и цементита, содержащая 0,8% углерода. Образуется при перекристаллизации (распаде) аустенита при температуре 727°C. Этот распад называется *эвтектоидным*, а перлит - *эвтектоидом*, т.е. подобный эвтектике, но образующийся из твёрдой фазы. При комнатной температуре перлит имеет предел прочности $\sigma_B=800$ МПа; относительное удлинение $\delta=15$ %; твёрдость НВ 160.

Ледебурит - механическая смесь (эвтектика) аустенита и цементита, содержащая 4,3 % углерода. Ледебурит образуется при затвердевании жидкого расплава при 1147°C. Ледебурит имеет твёрдость НВ 600 - 700 и большую хрупкость. Поскольку при температуре 727°C аустенит превращается в перлит, то при более низких температурах ледебурит представляет собой уже смесь перлита и цементита.

2.2 Пример практического решения задачи

По диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов (рисунок 3) построить кривую охлаждения для сплава с содержанием углерода 5,5 % с последующим анализом структурных превращений.



Для заданного сплава по диаграмме состояния критические точки будут при температурах 1420, 1147 и 727°C. Данный сплав представляет собой заэвтектический чугун.

При температурах выше 1420°C сплав находится в жидком состоянии. При температуре 1420°C в сплаве начинают образовываться твердые частицы первичного цементита.

При температуре 1147°C сплав полностью переходит в твердое состояние. Структура состоит из включений цементита и эвтектики (ледебурита), который представляет собой механическую смесь аустенита и цементита.

При температуре 727°C аустенит перекристаллизуется в перлит, поэтому структура сплава при более низких температурах состоит из включений первичного цементита и ледебурита, представляющего собой механическую смесь перлита и цементита.

2.3 Задачи для самостоятельного решения

1. По диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов (рисунок 3) построить кривую охлаждения для сплава с указанным в таблице 2 содержанием углерода.

2. Провести анализ структурных превращений для заданного сплава в критических точках кривой охлаждения.

Таблица 2 – Варианты заданий

Вариант	Содержание углерода в сплаве	Вариант	Содержание углерода в сплаве
1	0,2	16	0,5
2	0,6	17	0,8

3	1	18	1,2
4	1,4	19	1,8
5	2	20	2,5
6	3	21	3,5
7	4	22	4,5
8	5	23	1,2
9	2,6	24	1,5
10	1,6	25	2,4
11	2,8	26	3,2
12	3,4	27	3,6
13	3,8	28	4,3
14	0,7	29	0,9
15	1,1	30	1,3

Тема 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ЧУГУНОВ ПО ИХ МАРКАМ

3.1 Краткие теоретические сведения

Чугун – сплав Fe (основа) с C (обычно 2...4 %), содержащий постоянные примеси (Si, Mn, S, P), а иногда и легирующие элементы (Cr, Ni, V, Al и др.); как правило, хрупок.

Углерод в чугуне может находиться в виде цементита, графита или одновременно в виде цементита и графита. Механические свойства литейных чугунов зависят от свойств металлической основы и, главным образом, от количества, формы и размеров графитных включений. Перлитная основа обеспечивает наибольшие значения показателей прочности и износостойкости.

Чугуны с графитом в зависимости от формы последнего разделяют на серые, ковкие и высокопрочные. Серыми называют чугуны, в структуре которых графит имеет пластинчатую форму. В ковких чугунах графит имеет хлопьевидную форму, в высокопрочных чугунах – шаровидную.

Серые чугуны

Структура серого (литейного) чугуна состоит из металлической основы с графитом пластинчатой формы, вкрапленным в эту основу. Марки серых чугунов согласно ГОСТ 1412-85 состоят из букв «СЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении σ_B , МПа / 10. Чугун СЧ10 – ферритный; СЧ15, СЧ18, СЧ20 – ферритноперлитные чугуны, начиная с СЧ25 – перлитные чугуны.

На долю серого чугуна с пластинчатым графитом приходится около 80 % общего производства чугунных отливок. Серые чугуны обладают высокими литейными качествами (жидкотекучесть, малая усадка, незначительный пригар металла к форме и др.), хорошо обрабатываются и сопротивляются износу, однако из-за низких прочности и пластических свойств в основном используются для неотчетственных деталей. В станкостроении серый чугун является основным конструкционным материалом (станины станков, столы и верхние салазки, колонки, каретки и др.); в автомобилестроении из ферритно-перлитных чугунов делают картеры, крышки,

тормозные барабаны и др., а из перлитных чугунов — блоки цилиндров, гильзы, маховики и др. В строительстве серый чугун применяют, главным образом, для изготовления деталей, работающих при сжатии (башмаков, колонн), а также санитарнотехнических деталей (отопительных радиаторов, труб). Значительное количество чугуна расходуется для изготовления тюбингов, из которых сооружается туннель метрополитена. Из серого чугуна, содержащего фосфор (0,5 %), изготавливают архитектурно-художественные изделия.

Ковкие чугуны

Ковкие чугуны с хлопьевидной формой графита получают из белых доэвтектических чугунов, подвергая их специальному графитизирующему отжигу.

Ковкие чугуны с перлитной металлической основой обладают высокими твердостью

(235...305 НВ) и прочностью ($\sigma_{\text{в}} = 650...800$ МПа) в сочетании с небольшой пластичностью ($\delta = 3,0...1,5$ %). Ковкий ферритный чугун характеризуется высокой пластичностью ($\delta = 10...12$ %) и относительно низкой прочностью ($\sigma_{\text{в}} = 370...300$ МПа).

Ковкие чугуны согласно ГОСТ 1215-79 маркируются двумя буквами (КЧ – ковкий чугун) и двумя группами цифр. Первые две цифры в обозначении марки соответствуют минимальному пределу прочности при растяжении ($\sigma_{\text{в}}$, МПа / 10, цифры после тире – относительному удлинению при растяжении, Чугуны марок КЧЗО—6, КЧЗЗ—8, КЧЗ5—10, КЧЗ7—12, имеющие повышенное значение удлинения при растяжении, относятся к ферритным, а марок КЧ45—7, КЧ50—5, КЧ55—4, КЧ60—3, КЧ65—3, КЧ70—2, КЧ80—1.5 – к перлитным чугунам.

Ковкие чугуны, обладая высокими пластическими свойствами, находят применение при изготовлении разнообразных тонкостенных (до 50 мм) деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках, – фланцы, муфты, картеры, ступицы и др. Масса этих деталей – от нескольких граммов до нескольких тонн.

Высокопрочные чугуны

Высокопрочный чугун (ЧШГ – чугун с шаровидным графитом) получают модифицированием жидкими присадками (магния церия, иттрия и некоторых других элементов). При этом

перед вводом модификаторов необходимо снизить содержание серы до 0,02...0,03 %.

Рекомендуемый химический состав высокопрочного чугуна (2,7...3,7 % C; 0,5...3,8 % Si) выбирается в зависимости от толщины стенок отливки (чем тоньше стенка, тем больше углерода и кремния).

Структура высокопрочного чугуна состоит из металлической основы (феррит, перлит) и включений графита шаровидной формы. Шаровидный графит, имеющий минимальную поверхность при данном объеме, значительно меньше ослабляет металлическую основу, чем пластинчатый графит, и не является активным концентратором напряжений. Ферритные чугуны имеют $\sigma_B = 220...310$ МПа, $\delta = 22...10$ %, 140...225 НВ, перлитные – $\sigma_B = 370...700$ МПа, $\delta = 7...2$ % и 153...360 НВ. Марки высокопрочных чугунов согласно ГОСТ 7293-85 состоят из букв «ВЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении σ_B , МПа/10: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45 – ферритные чугуны; ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ 100 – перлитные чугуны.

Высокопрочные чугуны обладают хорошими литейными и потребительскими свойствами (обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации, высокая износостойкость и др.) свойствами. Они используются для массивных отливок взамен стальных литых и кованных деталей – цилиндры, шестерни, коленчатые и распределительные валы и др.

3.2 Задачи для самостоятельного решения

Задание 1. Расшифровать марки чугунов

Таблица 3 – Задания по вариантам

№ варианта	Марки	№ варианта	Марки
1	СЧ 10; КЧ 30-6; ВЧ 50	16	СЧ 35; КЧ 50-4; ВЧ 60
2	СЧ 15; КЧ 33-8; ВЧ 60	17	СЧ 40; КЧ 56-4; ВЧ 45
3	СЧ 20; КЧ 35-10; ВЧ 45	18	СЧ 45; КЧ 60-3; ВЧ 40
4	СЧ 25; КЧ 37-12; ВЧ 40	19	СЧ 10; КЧ 63-2; ВЧ 50
5	СЧ 30; КЧ 45-6; ВЧ 50	20	СЧ 15; КЧ 30-6; ВЧ 60
6	СЧ 35; КЧ 50-4; ВЧ 60	21	СЧ 10; КЧ 30-6; ВЧ 50
7	СЧ 40; КЧ 56-4; ВЧ 45	22	СЧ 15; КЧ 33-8; ВЧ 60
8	СЧ 45; КЧ 60-3; ВЧ 40	23	СЧ 20; КЧ 35-10; ВЧ 45
9	СЧ 10; КЧ 63-2; ВЧ 50	24	СЧ 25; КЧ 37-12; ВЧ 40
10	СЧ 15; КЧ 30-6; ВЧ 60	25	СЧ 30; КЧ 45-6; ВЧ 50
11	СЧ 10; КЧ 30-6; ВЧ 50	26	СЧ 35; КЧ 50-4; ВЧ 60
12	СЧ 15; КЧ 33-8; ВЧ 60	27	СЧ 40; КЧ 56-4; ВЧ 45
13	СЧ 20; КЧ 35-10; ВЧ 45	28	СЧ 45; КЧ 60-3; ВЧ 40
14	СЧ 25; КЧ 37-12; ВЧ 40	29	СЧ 10; КЧ 63-2; ВЧ 50
15	СЧ 30; КЧ 45-6; ВЧ 50	30	СЧ 15; КЧ 30-6; ВЧ 60

Задание 2. Для каждой марки выписать структуру, свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы.

Марка	Структура	Свойства	Применение

Тема 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПО ИХ МАРКАМ

4.1 Краткие теоретические сведения

Маркировка углеродистых сталей

Маркировка углеродистых сталей зависит от их качества и назначения.

Стали обыкновенного качества имеют 3 группы поставки: А, Б, В. Стали группы А поставляются с гарантированными механическими свойствами, химический состав не регламентируют. Стали группы Б поставляются с гарантированным механическим составом, механические свойства не гарантируются. Стали группы В поставляются с гарантированными химическим составом и механическими свойствами. О механических свойствах и химическом составе информацию получают в сопроводительных документах.

Все эти стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-71) маркируются буквами Ст, после которых ставится цифра от 0 до 6. Впереди марки – буква, указывающая группу поставки (для стали группы А – не ставится). В конце марки указывается степень раскисления: пс, кп (для спокойных – не указывают).

Ст3кп – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, группы поставки А, с номером 3, кипящая.

ВСт4пс – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, группы поставки В, с номером 4, полуспокойная.

Качественные конструкционные углеродистые стали (ГОСТ 1050-74) маркируют цифрами 08, 10, 15, 20, 25... до 85. Цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Если сталь содержит повышенное количество марганца (0,8-1,2%), то после цифр ставится буква Г. В конце марки указывают степень раскисления (кп или пс).

Сталь 40 – качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,4 % , спокойная.

Сталь 65Гпс – качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,65%, более 0,8% марганца, полуспокойная.

Инструментальные углеродистые стали (гост 1435-74) маркируются большой буквой У и цифрами, которые означают содержание углерода в десятых долях процента. Эти стали чаще всего качественные. Однако, если сталь имеет повышенное качество, то в конце марки ставится буква А.

У8 – инструментальная углеродистая со средним содержанием углерода 0,8% (имеет точно такой же химический состав, что и Сталь 80, но отличается структурой и свойствами). У12А – углеродистая инструментальная сталь, 1,2% углерода, высококачественная.

4.2 Задачи для самостоятельного решения

Задание 1. Расшифровать марки углеродистых сталей

Таблица 4 – Варианты задач

1	Ст0	БСт2пс	ВСт5кп	05кп	25	60Г	У7	У10А
2	Ст1кп	БСт3сп	ВСт4пс	08	30	70Г	У8	У11А
3	Ст2пс	БСт4	ВСт3сп	08кп	35	75Г	У9	У12А
4	Ст3сп	БСт5кп	ВСт2	08пс	40	80Г	У10	У13А
5	Ст4	БСт6пс	ВСт1кп	10	45	65Г	У11	У7А
6	Ст5кп	БСт0	ВСт4сп	10кп	50	60Г	У12	У8А
7	Ст6пс	БСт1сп	ВСт3	10пс	55	70Г	У13	У9А
8	Ст0	БСт2Г	ВСт5пс	15	60	75Г	У7А	У10
9	Ст1сп	БСт3кп	ВСт2пс	15кп	65	80Г	У8А	У11
10	Ст2	БСт4пс	ВСт1сп	15пс	70	65Г	У9А	У12
11	Ст3кп	БСт5сп	ВСт4	18кп	75	60Г	У10А	У13
12	Ст4пс	БСт6	ВСт3кп	20	80	70Г	У11А	У7
13	Ст5сп	БСт0	ВСт1пс	20кп	25	75Г	У12А	У8
14	Ст6	БСт1пс	ВСт2сп	20пс	30	80Г	У13А	У9
15	Ст0	БСт2сп	ВСт5	05кп	35	65Г	У7	У11А
16	Ст1пс	БСт3	ВСт2кп	08	40	60Г	У8	У12А
17	Ст2сп	БСт4кп	ВСт3пс	08кп	45	70Г	У9	У13А
18	Ст3	БСт5пс	ВСт4кп	08пс	50	75Г	У10	У7А

Продолжение таблицы 4

19	Ст4кп	БСт6сп	ВСт1	10	55	80Г	У11	У8А
20	Ст5пс	БСт0	ВСт1кп	10кп	60	65Г	У12	У9А
21	Ст6сп	БСт1	ВСт2пс	10пс	65	60Г	У13	У10А
22	Ст0	БСт2кп	ВСт3сп	15	70	70Г	У7А	У11
23	Ст1	БСт3пс	ВСт4кп	15кп	75	75Г	У8А	У12
24	Ст2кп	БСт4сп	ВСт5	15пс	80	80Г	У9А	У13
25	Ст3пс	БСт5	ВСт1сп	18кп	25	65Г	У10А	У7

Задание 2. Для каждой марки выписать свойства и применение.
 Результат оформить в виде таблицы.

Таблица 5 - Результаты

Марка	Свойства	Применение

Тема 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПО ИХ МАРКАМ

5.1 Краткие теоретические сведения

Сочетания букв и цифр дают характеристику легированной стали. Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Одна цифра впереди марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%. Цифры, стоящие за буквами, указывают среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%). Буква А в конце марки обозначает высококачественную сталь, т.е. сталь, содержащую меньше серы и фосфора. Указанная система маркировки охватывает большинство существующих легированных сталей.

Исключение составляют отдельные группы сталей, которые дополнительно обозначаются определенной буквой: Р – быстрорежущие, Е – магнитные, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

Пример расшифровки марки стали

40ХНЗМФА – конструкционная легированная высококачественная сталь со средним содержанием углерода 0,4%, ~1% хрома, ~3% никеля, ~1% молибдена, ~1% ванадия.

18ХГТ – конструкционная легированная качественная сталь с содержанием углерода 0,18% и по 1% (приблизительно) хрома, марганца и титана.

ХВГ – инструментальная легированная сталь, углерода более 1%, приблизительно около 1% хрома, вольфрама, марганца.

7ХГ2 - инструментальная легированная сталь, углерода 0,7%, приблизительно около 1% хрома, марганца 2%.

Р18 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, 18% вольфрама Р6М5К4 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, содержание вольфрама 6%, молибдена 5%, 4% кобальта.

5.2 Задачи для самостоятельного решения

Задание 1. Расшифровать марки легированных сталей

Таблица 6 – Варианты заданий

1	09Г2	38ХА	65С2ВА	8Х3	Р6К10
2	55С2	50ХФА	14ХГС	Х12	Р12Ф3
3	20Х	12ГС	60С2ХФА	В2Ф	Р6М5Ф3
4	30Х	09Г2С	20ХГР	5ХГМ	Р6М5К5
5	10Г2	38ХМА	14Х2ГМР	9Х2	Р18
6	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	ХГС	Р10К5Ф5
7	50Г2	70С3А	20ХНР	Х12	Р9М4К8
8	17ГС	15Х25Т	75ХСМФ	В2Ф	Р6К10
9	45Г2	60С2А	20ХГСФ	7Х3	Р12Ф3
10	38ХА	35ГС	10Г2БД	Х12М	Р6М5Ф3
11	45Х	18ХГТ	15Г2СФД	ХГС	Р6М5К5
12	38ХЮ	40ХФА	34ХН3М	8Х3	Р18К5Ф2
13	15ХА	60С2	36Г2С	9ХС	Р10К5Ф5
14	30ХМ	40Х9С2	15Х11МФ	4ХС	Р9
15	09Г2	20ХГРА	55С2	6ХВГ	Р6К10
16	55С2	38ХА	20Х3МВФ	4ХС	Р12Ф3
17	12ГС	20Х	38Х2МЮА	6ХВГ	Р6М5Ф3
18	09Г2С	30Х	20ХГНР	9ХС	Р6М5К5
19	10Г2	38ХМА	14Х2ГМР	7Х3	Р18К5Ф2
20	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	9Х1	Р10К5Ф5

Продолжение таблицы 6

21	50Г2	70С3А	20ХНР	8Х3	P9M4K8
22	17ГС	20ХГСА	75ХСМФ	9Х1	P6K10
23	38ХА	35ГС	10Г2БД	8Х3	P12
24	45Х	25ХГСА	15Г2СФД	9ХВГ	P6M5Ф3
25	38ХЮ	18ХГТ	40ХФА	X12M	P6M5K5

Задание 2. Для каждой марки выписать свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы.

Таблица 7 - Результаты

Марка	Свойства	Применение

Тема 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ СПЛАВОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ПО ИХ МАРКАМ

6.1 Краткие теоретические сведения

Различают три группы медных сплавов:

- латуни;
- бронзы;

сплавы меди с никелем.

Латуни. Латунями называют двойные (томпак, где 90% и более - меди и 10% цинка и полутомпак, где меди 79-86% и остальное цинк) или многокомпонентные сплавы на основе меди, в которых основным легирующим элементом является цинк. При введении других элементов (кроме цинка) латуни называют специальными по наименованию элементов, например, железофосфорномарганцевая латунь и т.п.

По сравнению с медью латуни обладают большей прочностью, коррозионной стойкостью. Механическая прочность латуней выше, чем меди, и они лучше обрабатываются (резанием, литьем, давлением). Большим их преимуществом является более низкая стоимость, так как входящий в состав латуней цинк значительно дешевле меди. Латуни нашли широкое применение в приборостроении, в общем и химическом машиностроении.

Латуни обозначают начальной буквой Л, затем ставят цифру, указывающую средний процент меди в этом сплаве.

Л96 – латунь, меди 96%, цинка 4% (томпак).

Латуни более сложного состава в обозначении имеют после буквы Л другую букву, а цифры, размещенные после цифры, указывающей процент меди, указывают процент добавок в марке латуни. Все добавляемые к латуни элементы обозначают русскими буквами: Ц – цинк; А – алюминий; О – олово; Н – никель; К – кремний; С – свинец; Мц – марганец; Ж – железо; Ф – фосфор; Б – бериллий. Цифры, помещенные за буквами, указывают среднее процентное содержание элементов.

ЛАЖМц66-6-3-2 – алюминиевожелезомарганцовистая латунь, содержащая 66% меди, 6% алюминия, 3% железа и 2% марганца, остальное составляет цинк.

ЛЦ40Мц3Ж – латунь, содержащая 40% цинка, 3% марганца, около 1% железа, остальное медь

Бронзы

Бронзы (медь, олово) – сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом, бериллием. В зависимости от введенного элемента бронзы бывают: оловянные, алюминиевые, кремнистые, марганцовистые, свинцовистые, бериллиевые.

Бронзы обладают высокой стойкостью против коррозии, хорошими литейными и высокими антифрикционными свойствами и обрабатываемостью резанием. Благодаря хорошим литейным качествам из бронз отливают пушки, колокола и статуи. Также бронзы используются при изготовлении арматуры газовых и водопроводных линий и в химическом машиностроении, где важна также высокая коррозионная стойкость бронз. Малый коэффициент трения и устойчивость к износу делает бронзы незаменимыми при изготовлении вкладышей подшипников, червяков и червячных колес, шестерен и других деталей ответственных и точных приборов.

Бронзы легируют для повышения механических характеристик и придания особых свойств. Введение марганца способствует повышению коррозионной стойкости, никеля – пластичности, железа – прочности, цинка – улучшению литейных свойств, свинца – улучшению обрабатываемостью.

Бронзы маркируют русскими буквами Бр. Справа ставят обозначение элементов, входящих в состав бронзы:

О – олово; Ц – цинк; С – свинец; А – алюминий; Ж – железо; Мц – марганец.

Далее идут цифры, обозначающие среднее содержание дополнительных элементов в бронзе в процентах (цифры, обозначающие процентное содержание меди в бронзе, не ставят).

БрОЦС5-5-5 – бронза содержит по 5% олова, свинца, цинка, остальное – медь (85%). БрА9Мц2Л – бронза литейная, содержит 9% алюминия, 2% марганца, остальное – медь.

Алюминиевые сплавы делят на деформируемые и литейные.

Деформируемые алюминиевые сплавы применяют для получения листов, ленты, проволоки и различных деталей

методами обработки давлением: штамповкой, прессованием, ковкой.

Деформируемые алюминиевые сплавы можно подразделить на две подгруппы:

- не упрочняемые термообработкой;
- упрочняемые термообработкой.

Первые характеризуются невысокой прочностью, но хорошей пластичностью. К ним относятся сплавы алюминия с марганцем и магнием, содержащие его до 6%. Эти сплавы почти всегда однофазные. Они хорошо свариваются, устойчивы против коррозии и применяются для малонагруженных деталей, изготовляемых холодной штамповкой с глубокой вытяжкой, и для свариваемых конструкций. Упрочнение этих сплавов возможно только путем холодной деформации, так как упрочнение термической обработкой не удается.

АМц – сплав алюминия деформируемый не упрочняемый термообработкой, содержит 1% марганца.

Из группы деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термообработкой, наиболее распространены дуралюмины (или дюралюмины) – сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем (для повышения коррозионной стойкости сплава). Также распространены сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем и цинком (сплавы высокой прочности).

Дуралюмины маркируют буквой Д, после которой стоит цифра, обозначающая условный номер сплава. Дуралюмины выпускают в виде листов, прессованных и катаных профилей, прутков, труб. Особенно широко применяют дуралюмины в авиационной промышленности и строительстве.

Д1 – деформируемый алюминиевый сплав, упрочняемый термообработкой (дуралюмин), содержит 4% меди, примерно по 0,5% магния, марганца, кремния.

Литейные алюминиевые сплавы содержат почти те же легирующие компоненты, что и деформируемые сплавы, но в значительно большем количестве (до 9-13% по отдельным компонентам). Литейные сплавы предназначены для изготовления фасонных отливок. Эти сплавы маркируются буквами АЛ с последующим порядковым номером: АЛ2, АЛ9 и т.п.

По химическому составу их можно разделить на несколько групп, например, алюминий с кремнием или алюминий с магнием. Иногда их маркируют по химическому составу, например АК7М2. Буква М означает медь.

Сплавы на основе алюминия и кремния называют силуминами. Силумин обладает высокими механическими и литейными свойствами: высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой, достаточно высокой прочностью, удовлетворительной пластичностью. Сплавы на основе алюминия и магния имеют высокую удельную прочность, хорошо обрабатываются резанием и имеют высокую коррозионную стойкость.

Титановые сплавы применяются в авиационной (самолетостроении, ракетостроении, при производстве реактивных двигателей) и химической промышленности. Также титан широко применяют в судостроении благодаря его устойчивости против воздействия морской воды. Из сплавов на основе титана изготавливаются лопатки паровых и газовых турбин, выпускных клапанов дизельных двигателей, лопаток и дисков компрессоров, поршневых пальцев, шатунов и других деталей.

Титан и его сплавы маркируют буквами ВТ и порядковым номером, например ВТ8.

Магниевые сплавы широко применяют в транспортном машиностроении, особенно в авиации и ракетостроении. В зависимости от способа получения магниевые сплавы подразделяют на:

- литейные – эти сплавы используют в виде отливок, маркируются буквами МЛ и порядковым номером.

- деформируемые – сплавы используют в виде проката (листов, ленты, труб) и поковок, маркируются буквами МА и порядковым номером.

6.2 Задачи для самостоятельного решения

Задание 1. Расшифровать марки сплавов цветных металлов

Таблица 8 – Варианты заданий

1	АМц	Л63	МА8	ВТ1	Б83С	ЛК80-3	БрО10Ф1	БрНЗЦ3С 20Ф
2	Л90	АМг	Б16	МЛ1	ВТ5Л	БрКН1-3	БрОФ8-0,3	ЛА- ЖМц66- 6-3-2
3	Д1	Л96	МА7	Б83	ВТ3	ЛА67-2,5	БрБНТ1,7	БрОЦС4- 4-4
4	АМг3	МЛ2	Л60	ВТ4	БрБ2,5	Б92	ЛКС80-3-3	БрОФ7- 0,2
5	МА6	АК2	БТ	Л85	ВТ14Л	БрА5	ЛС59-1	БрОЦС4- 4-2,5
6	Л80	АЛ4	МЛ3	БН	БрС30	ВТ5	БрОЦ4-3	ЛАЖ60- 1-1
7	ВТ6	Л70	Д16	МА5	БК2	ЛМц58-2	БрКМц3-1	БрОЗЦ8С 4Н1
8	МЛ4	АК4	Л68	БС2	ВТ5Л	БрА5	БрКН1-3	ЛМцНЖ6 0-2-1-1
9	АЛ3	МА4	Б92	Л60	БрБНТ1,7	ВТ14	БрОЗЦ13С4	ЛА85-0,6
10	Л63	АМг5	МЛ5	ВТ15	Б83	БрО10Ц2	ЛМцЖ55-3-1	БрАМц9- 2
11	МА3	Б6	Д18	Л65	ВТ14Л	ЛА77-2	БрО4Ц7С5	БрАЖН1 0-4-4
12	Б16	МЛ6	Л68	АК6	БрБ2	ВТ1	БрО10Ц2	ЛАНК75- 2-2-1
13	ВТ3	Л70	МА2	АЛ4	БТ	БрКМц3-1	БрБНТ1,7	ЛК80-3
14	Л72	БС6	АЛ9	МЛ1	ВТ5Л	БрА7	ЛКС65-1,5-3	БрОЗЦ7С 5Н
15	Л96	АМг6	МА1	Б83С	БрО10Ф1	ВТ4	БрБНТ1,9	ЛН65-5
16	Д20	Л93	ВТ5	МЛ2	Б16	БрС60Н2,5	ЛМцА57-3-1	БрКМц3- 1
17	МА2	АК8	Л90	Б83	ВТ14Л	ЛО90-1	БрО5Ц6С5	БрКМц3- 1
18	Б92	МЛ3	АЛ7	Л85	БрС30	ВТ6	БрОФ4-0,5	ЛМцОС5 8-2-2-2
19	АЛ13	ВТ14	МА3	Л83	БТ	БрБ2,5	ЛС63-3	БрОЦСН 3-7-5-1
20	БН	АМц	Л80	МЛ4	ВТ5Л	БрС30	ЛМцЖ55-3-1	БрОЗЦ12 С5

Задание 2. Для каждой марки выписать свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы.

Таблица 9 - Результаты

Марка	Свойства	Применение

Тема 7. ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

7.1 Краткие теоретические сведения

При выборе материала для деталей машин конструктор пользуется справочниками, где наряду с данными о механических свойствах, полученных при испытании стандартных образцов, учитывается также название типичных деталей, для которых данный материал используют. Однако трудность при выборе материала по справочнику заключается в том, что для изготовления детали одного и того же наименования справочник рекомендует различные марки материала. Поэтому при выборе материалов по справочнику в первую очередь следует исходить из условий работы детали и требуемых от нее свойств.

Рассмотрим, из решения каких задач складывается работа по выбору материала:

1. Материал должен обеспечить прочность, надежность и долговечность работы детали. Для выполнения этих требований необходимо учитывать жесткость нагружения в процессе работы и условия, в каких работает конструкция. В случае работы в агрессивных средах необходим учет влияния среды.

2. Выбранный материал должен быть технологичным, т.е. необходимо учитывать технологические свойства, оборудование и способы изготовления из него детали.

3. Выбранный материал должен быть как можно более дешевым и недефицитным.

7.2 Порядок выполнения работы

1. Точно переписать задание.

2. Провести анализ условий работы детали и определить требования к материалу детали.

3. Из изученных основных классов конструкционных материалов выбрать те, которые, вероятно, могут обеспечить выполнение требований, предъявляемых к детали.

4. По справочнику определить марки материалов и упрочняющую обработку, которые обеспечивают у детали

получение заданных свойств. Поскольку требуемые свойства могут обеспечить разные материалы, то данные о них из справочника следует представить в виде таблицы, что сделает последующий выбор материала более наглядным. Следует выбрать 2 – 3 материала.

Таблица 10 – Информация о материалах

Марка материала	Термообработка	Предел прочности, МПа	Твердость	Другие свойства

1. На основе сравнения всех данных следует сделать заключение о том, какой материал следует считать оптимальным и по каким причинам.

2. Для выбранного материала дать расшифровку марки.

7.3 Задачи для самостоятельного решения

1. Поршневой палец из цементуемой легированной стали
2. Ответственный коленчатый вал из легированной стали
3. Корпус карбюратора
4. Поршневой палец автомобиля, подвергаемый закалке ТВЧ
5. Стальная заклепка для клепания рамы автомобиля
6. Блок цилиндров из недефицитного литейного сплава
7. Плоская пружина
8. Стальное ребро тормозной колодки, изготовленное холодной штамповкой
9. Бензокраник, изготовленный методом литья под давлением
10. Выхлопной клапан автомобиля
11. Шатун, изготовленный методом горячей штамповки
12. Крыло грузового автомобиля, изготовленное холодной штамповкой
13. Неразъемный вкладыш подшипника скольжения
14. Корпус редуктора
15. Приводная звездочка цепной передачи
16. Картер мотора из алюминиевого сплава.

Тема 8. МАКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

8.1 Пояснения к работе

Макроструктурой называется строение металлов и сплавов, наблюдаемое невооруженным глазом или с помощью лупы.

Как правило, макроструктурный анализ является начальным этапом исследования – выявляется макроструктура, а для более детального изучения применяются методы микроструктурного и рентгеноструктурного анализов. Макроструктуру изучают на свежих изломах, на поверхностях изделий, а чаще на специально подготовляемых образцах - макрошлифах или приготовленных отпечатках со шлифов.

8.2 Изучение макроструктуры по изломам

Изломы различают кристаллические и волокнистые. Кристаллический излом характеризуется размером и формой зёрен, их взаимным расположением (рисунок 4).

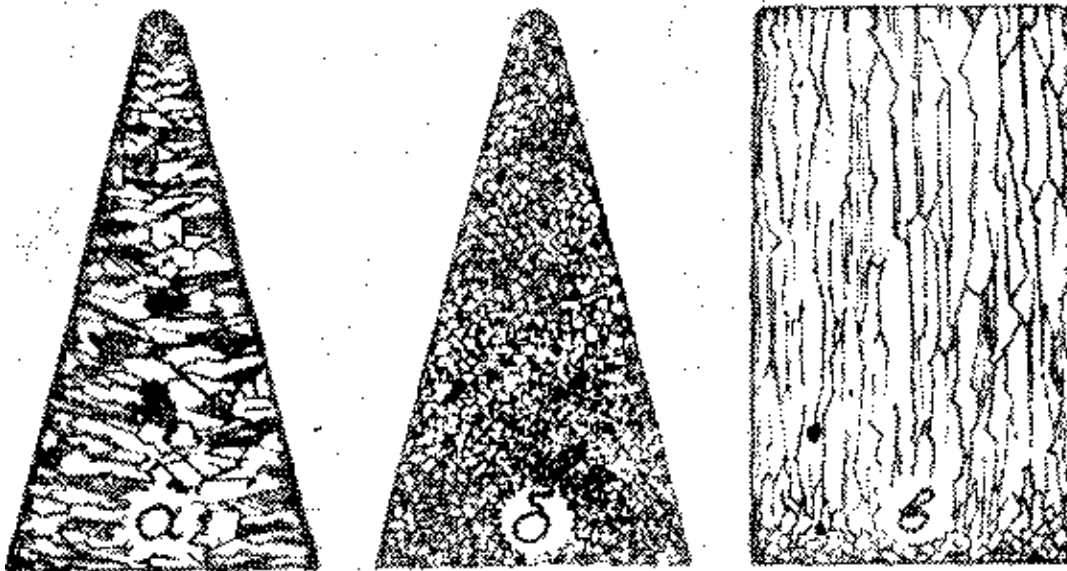


Рисунок 4 – Изломы отливок: *а* – крупнокристаллический; *б* – мелкокристаллический; *в* – с направленной кристаллизацией.

При разрушении металлов и сплавов, подвергавшихся обработке давлением, излом может получаться волокнистым

(рисунок 5). По характеру излома иногда можно судить и о причине разрушения детали.

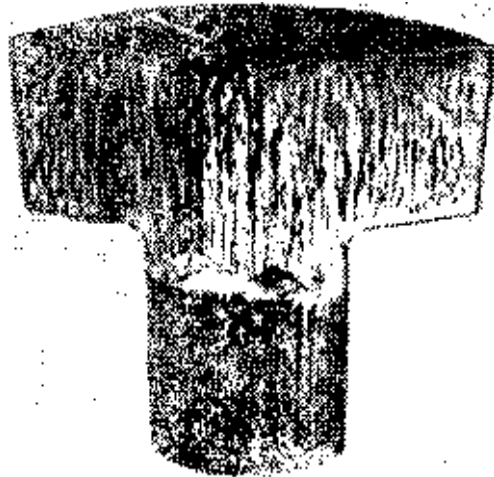


Рисунок 5 – Волокнистый излом

В машинах, работающих при переменных нагрузках, наблюдается разрушение деталей с «усталостными» изломами, имеющими характерные признаки. Излом начинается в местах концентрации напряжений. Концентраторами напряжений могут служить: резкие, неправильно сделанные переходы между различными сечениями; различные канавки, выточки, бурты, отверстия, выполненные острыми углами, раковины, трещины, инородные включения. В этих местах начинается разрушение – появляется трещина. В процессе работы трещина развивается, ослабляя сечение детали и вызывая рост напряжений, и, наконец, происходит поломка.

Излом усталости характеризуется наличием двух зон (рисунок б):

1 – зоны прогрессивного развития трещины, которая, как правило, оставляет следы с матовой поверхностью, обусловленной длительным притиранием двух частей излома; 2 – зоны остаточного излома, имеющей грубокристаллическое строение у хрупких металлов (а) и волокнистое у вязких (б).

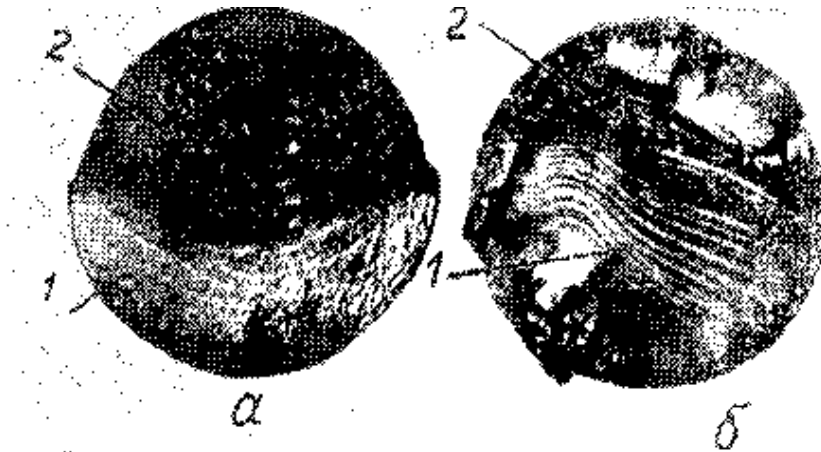


Рисунок 6 – Изломы усталости

8.3 Изучение макроструктуры по макрошлифам

Макрошлифом называется образец, вырезанный из изделия, одна из поверхностей которого шлифуется и травится различными реактивами в зависимости от того, какую особенность макроструктуры желательно выявить: дендритное строение литого металла (рисунок 7); волокнистое строение деформированного металла (рисунок 8); различие в структуре, созданное термической (рисунок 9) и химико-термической обработкой; следы холодном пластической деформации (рисунок 10).



Рисунок 7 – Дендритное строение литого металла

Приготовление макрошлифов производится следующим образом.

В интересующем месте деталь разрезается, плоскость обрабатывается напильником на металлорежущем станке или на абразивном камне. Полученная плоскость шлифуется на нескольких наждачных бумагах последовательно с уменьшающимся размером

зерна. При переходе на более мелкий номер бумаги нужно менять направление шлифовки на 90° , при узких длинных шлифах – на $15 - 30^\circ$.

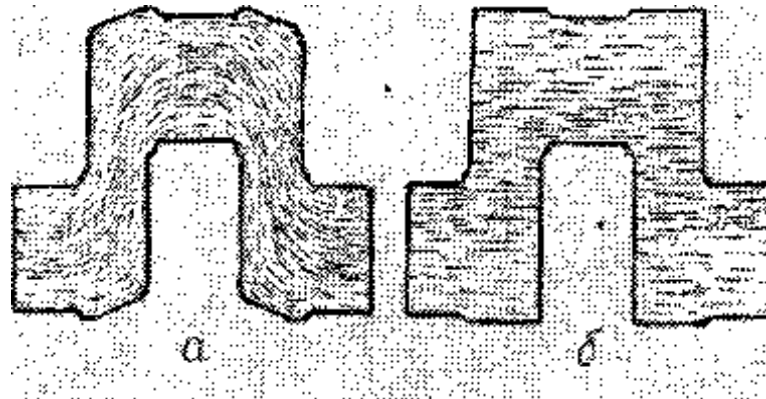


Рисунок 8 – Ориентировка волокон в коленчатом вале: а – правильная, б – неправильная



Рисунок 9 – Неоднородность строения, пластической созданная термической обработкой Людерса)

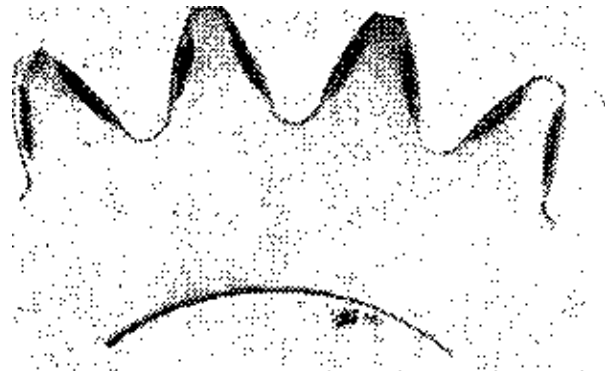


Рисунок 10 – Следы холодной деформации (линии Чернова-Людерса)

Шлифование на каждом номере наждачной бумаги производится до исчезновения рисок предыдущей обработки. Чистота поверхности может быть различная в зависимости от метода последующего травления. Шлифование обычно заканчивается на бумагах № 5–3 (таблица 11).

Отшлифованная поверхность перед травлением промывается водой и этиловым спиртом и просушивается.

Травление основано на взаимодействии металла с реактивом: зерна, различные по строению и составу, границы зерен по-разному

растворяются и окрашиваются, а трещины и пустоты расширяются.

Для обнаружения различных особенностей макроструктуры металла применяют различные реактивы.

Таблица 11 – Обозначение номеров зернистости абразивных материалов по ГОСТ 3647 – 71

Номер зернистости	Размер абразивного зерна, мкм
Шлифпорошки и шкурки	
12	160-125
16	125-100
8	100-80
6	80-63
5	63-50
4	50-40
3	40
Микропорошки	
M40	40-28
M28	28-20
M20	20-14
M14	14-10
M10	10-7
M7	7-5
M5	5-3

1. Для выявления дендритов в литой и волокон в ковальной стали применяется 10% - ный водный раствор персульфата аммония. Макрошлиф погружают в подогретый раствор на 5—10 мин до выявления структуры. Вынутый из реактива образец тщательно протирается, промывается водой, этиловым спиртом и просушивается. Под растворяющим действием персульфата аммония оси дендритов и волокна остаются светлыми, а междендритные промежутки и пространства между волокнами становятся более темными. Этот реактив применим и для травления меди.

2. Для выявления химической неоднородности стали, ликвации, зон, обогащенных углеродом, серой, фосфором и другими элементами, выявления слоя цементации, определения зоны обезуглероживания применяется реактив

Гейна-10%-ный водный раствор двойной медно-аммиачной соли соляной кислоты. После травления исследуемая поверхность промывается под струей воды для снятия осевшего на него слоя меди, а затем образец сушится этиловым спиртом для

предохранения от окисления. При отсутствии двойной соли реактив готовят растворением 53 г хлористого аммония и 85 г хлорной меди в 100 мл воды.

3. Для выявления трещин, пузырей, пористости, химической неоднородности, волокнистого строения, макроструктуры сварных швов может применяться реактив, состоящий из 25 частей азотной кислоты и 75 частей воды.

4. Для глубокого травления при температуре травления 80°C применяют водный раствор соляной кислоты (1:1).

5. Для выявления зональной ликвации неоднородности распределения элементов по зонам слитка, поковки или детали и дендритной ликвации – неоднородности распределения примесей в пределах отдельных кристаллов производят травление шлифов различными реактивами. Ликвация фосфора хорошо выявляется реактивом Стеда. Для его приготовления следует растворить 1 г хлорной меди, 4 г хлористого магния, 1 мл концентрированной соляной кислоты в 20 мл горячей воды и общий объем раствора довести до 100 мл приливанием этилового спирта.

Травление производят поливанием шлифа раствором из капельницы до выявления макроструктуры, затем шлиф промывают спиртом и просушивают фильтровальной бумагой.

Действие реактива основывается на том, что места, богатые фосфором, не покрываются медью, а на местах с малым содержанием фосфора медь выделяется.

Выявленную макроструктуру рассматривают, при необходимости используя лупу или бинокулярный микроскоп, зарисовывают или фотографируют и описывают строение.

8.4 Определение химической неоднородности методом отпечатков

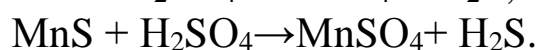
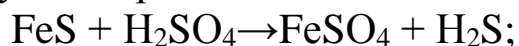
Для выявления зональной ликвации серы и фосфора в стали применяется метод снятия контактных отпечатков с макрошлифа.

Получение серного отпечатка. На отшлифованную и обезжиренную поверхность макрошлифа накладывают бромосеребряную бумагу, предварительно пропитанную 5% - ным раствором серной кислоты и слегка просушенную фильтровальной бумагой для удаления капель влаги. Для более полного контакта и

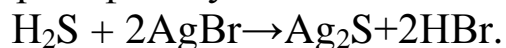
удаления оставшихся между бумагой и макрошлифом пузырьков воздуха производится легкое и осторожное поглаживание пальцами по бумаге без смещения ее. При макрошлифах больших размеров прижимают прокатыванием по ней резинового валика. Пузырьки воздуха образуют на бумаге белые пятна, искажающие картину распределения серы. Смещение бумаги дает смазанную картину. Бромосеребряную бумагу выдерживают на образце около 2—3 мин, затем снимают, промывают под струей воды и кладут на 10—15 мин в водный раствор гипосульфита (100 г на 1 л воды) для закрепления полученного отпечатка. После, в течение 10 мин, промывают водой и сушат.

В случае неудачного снятия серного отпечатка поверхность образца подвергают сошлифовыванию прореагировавшего слоя металла и вторично производят приготовление отпечатка.

Сера в железосульфидных сплавах присутствует в виде химических соединений с марганцем (MnS) и железом (FeS). При соприкосновении бромосеребряной бумаги, обработанной вышеуказанным способом, с поверхностью образца протекают следующие реакции:



Образовавшийся сероводород реагирует с бромистым серебром фотобумаги:



Серное серебро Ag_2S имеет темный цвет, следовательно, темные места на фотобумаге указывают на места наличия серы в изделии. Полученная на фотобумаге картина распределения темных мест позволяет сделать вывод о расположении сернистых соединений.

Получение фосфорного отпечатка. Ликвацию фосфора в стали, помимо описанного выше метода, можно выявить с помощью фосфорного отпечатка, методика получения которого была разработана в НИИ на кафедре технологии металлов.

1. Тщательным образом приготавливают макрошлиф, заканчивая шлифовку на микронной бумаге (М 20).

2. Засвеченную фотобумагу выдерживают в закрепителе 10 мин, промывают 15 мин в воде и высушивают, удаляя таким образом бромистое серебро из желатинового слоя бумаги.

3. Погружают бумагу в раствор молибдата аммония:
[5г(NH₄)₂MoO₄+35 мл HNO₃(1:1)+100 мл H₂O].

4. Вынимают бумагу из раствора, просушивают ее фильтровальной бумагой для удаления капель реактива, накладывают желатиновый слой на поверхность макрошлифа и прижимают к ней прокатыванием резинового валика в течение 1 мин.

5. Снимают отпечаток, погружают его в солянокислый раствор бензидина (0,5 г бензидина + 10 мл HCl + 100 мл H₂O) и выдерживают 1 – 2 мин до посинения, а затем промывают в воде в течение 3 мин и просушивают.

Основой метода является капельная реакция по Файглю. Фосфор находится в стали в твердом растворе, переходит на бумагу в виде иона PO₄^{'''} и дает с молибдатами комплексную соль (NH₄)₃H₄[P(MoO₇)₆], которая восстанавливается бензидином до молибденовой сини, а бензидин окисляется в бензидиновую синь.

Оба синих продукта реакции обуславливают синее окрашивание отпечатка, причем его более темные места указывают на место большей концентрации фосфора в исследуемой стали (рисунок 11). На рисунке 11 приводится серный отпечаток, изготовленный с того же макрошлифа. Из сравнения отпечатков видно, что зоны ликвации серы и фосфора совпадают.

На рисунке 12 приводятся фотографии серного и фосфорного отпечатков и фотография макрошлифа, протравленного реактивом Стеда с образца сваренной стали, в котором распределение фосфора и серы оказались неодинаковым.

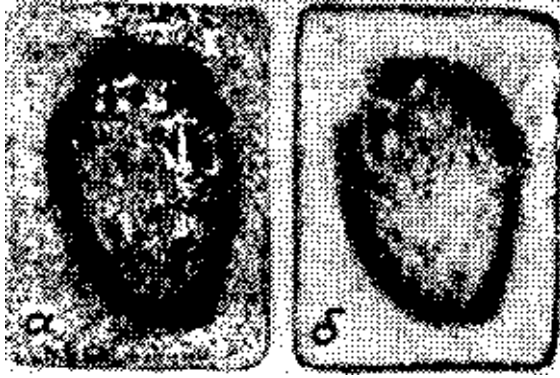


Рисунок 11 - Фотографии контактных отпечатков

Рисунок 12 - Фотографии серного отпечатка

8.5 Задачи для самостоятельного решения

Для закрепления знаний по пройденному материалу студенту рекомендуется выполнить задания:

1. Указать назначение макроанализа.
2. Схематически зарисовать и описать изломы.
3. Схематически зарисовать и описать макроструктуру выданных макрошлифов.

Тема 9. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

9.1 Краткие теоретические сведения

Термической обработкой называют технологические процессы теплового воздействия, которые проводят с целью изменения внутреннего строения, структуры и свойств.

Термическая обработка используется в качестве предварительной или промежуточной операции для улучшения обрабатываемости резанием, давлением и др. и как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень физикомеханических свойств детали.

Любой *процесс термической обработки характеризуется* температурой и скоростью нагрева, временем выдержки при заданной температуре и определенной скоростью охлаждения. Режим термообработки можно представить графиком в координатах температура – время ($t - \tau$). Пример такого графика представлен на рисунке 13. Скорость нагрева и охлаждения характеризуется углом наклона линий на графике.

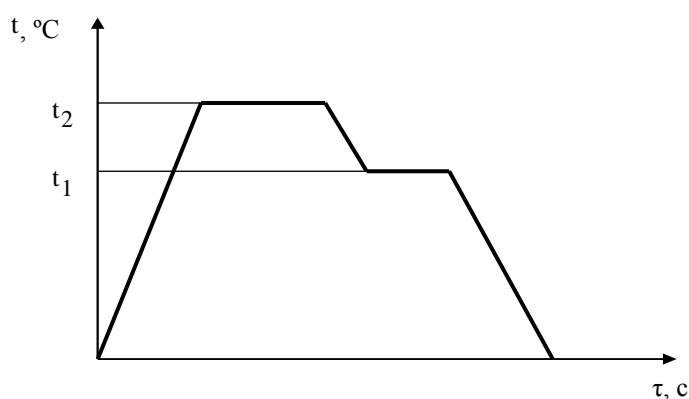


Рисунок 13 – Режим термообработки

В основе теории термической обработки лежат фазовые и структурные превращения, протекающие при нагреве и охлаждении металлов и сплавов. Эти превращения характеризуются определенными *критическими точками*.

Регулируя температуру нагрева, время выдержки и скорость охлаждения, можно в очень широких пределах изменять свойства материала, подвергаемого термообработке.

Основными видами термической обработки являются отжиг, нормализация, закалка, отпуск и старение.

Таблица 12 – Характеристика основных видов термообработки стали

Вид термообработки	Характеристика процессов	Назначение
Отжиг:	Нагрев и последующее медленное охлаждение, чаще вместе с печью	
Полный	Нагрев на 30 - 50°C выше верхней критической точки A_{C3} и медленное охлаждение	Получение мелкозернистой структуры и снятие внутренних напряжений в доэвтектоидных сталях.
Неполный	Нагрев на 30 - 50°C выше нижней критической точки A_{C1} и медленное охлаждение	Снятие внутренних напряжений и улучшение обрабатываемости резанием заэвтектоидных и инструментальных сталей
Рекристаллизационный	Нагрев до 450 - 700°C, непродолжительная выдержка и охлаждение на воздухе.	Снятие наклепа после холодной пластической деформации.
Диффузионный	Нагрев до 1100 - 1200°C, выдержка 10 – 20 часов и медленное охлаждение	Устранение химической неоднородности, образовавшейся при кристаллизации металла. (Получается крупнозернистая структура, которая измельчается при последующем полном отжиге или нормализации)
Низкотемпературный	Температура отжига находится в пределах 200 - 700°C (чаще 350 - 600°C) – рис. 3.3.	Снятие внутренних напряжений, образовавшихся при литье, сварке, обработке резанием
Изотермический	Нагрев на 20 - 30°C выше A_{C3} , охлаждение с печью до 680 - 700°C, выдержка 2 - 5 часов при этой температуре и охлаждение на воздухе.	Повышение обрабатываемости резанием легированных сталей

Продолжение таблицы 12

Нормализация	Нагрев, выдержка и последующее охлаждение на воздухе	Исправление структуры перегретой стали, снятие внутренних напряжений в деталях из конструкционных сталей и улучшение их обрабатываемости; увеличение глубины прокаливаемости инструментальных сталей перед закалкой.
Закалка:	Нагрев, выдержка и последующее резкое охлаждение	Получение высокой твердости, упрочнение
Полная	Нагрев на 30 - 50°C выше A_{C3}	Для доэвтектоидных сталей (в которых углерода менее 0,8 %)
Неполная	Нагрев на 30 - 50°C выше A_{cm}	Для заэвтектоидных сталей (углерода более 0,8 %)
Отпуск:	Нагрев, выдержка и охлаждение на воздухе	Снятие внутренних напряжений, повышение вязкости и пластичности, понижение твердости и уменьшение хрупкости закаленной стали
Низкий	Нагрев в интервале температур 150 - 250°C. Нагрев в интервале температур 300 - 500°C.	Для инструментальных сталей, после закалки цементуемых изделий.
Средний		Для пружин, рессор, а также инструмента, который должен иметь значительную прочность и упругость при достаточной вязкости.
Высокий	Нагрев в интервале температур 500 - 650°C.	Для деталей из конструкционных сталей, работающих при ударных нагрузках.
Улучшение	Закалка стали и последующий высокий отпуск	Обеспечение сочетания высокой прочности и пластичности при окончательной термообработке деталей из конструкционных сталей, испытывающих в работе ударные нагрузки и вибрации.
Старение	Нагрев и длительная выдержка при повышенной температуре	Стабилизация размеров деталей и инструментов из различных сталей.
Термомеханическая обработка	Нагрев, быстрое охлаждение до 400...500 °C. Многократное пластическое деформирование, закалка и отпуск	Обеспечение для деталей простой формы, не подвергаемых сварке, более высокой прочности, чем при обычной термообработке.

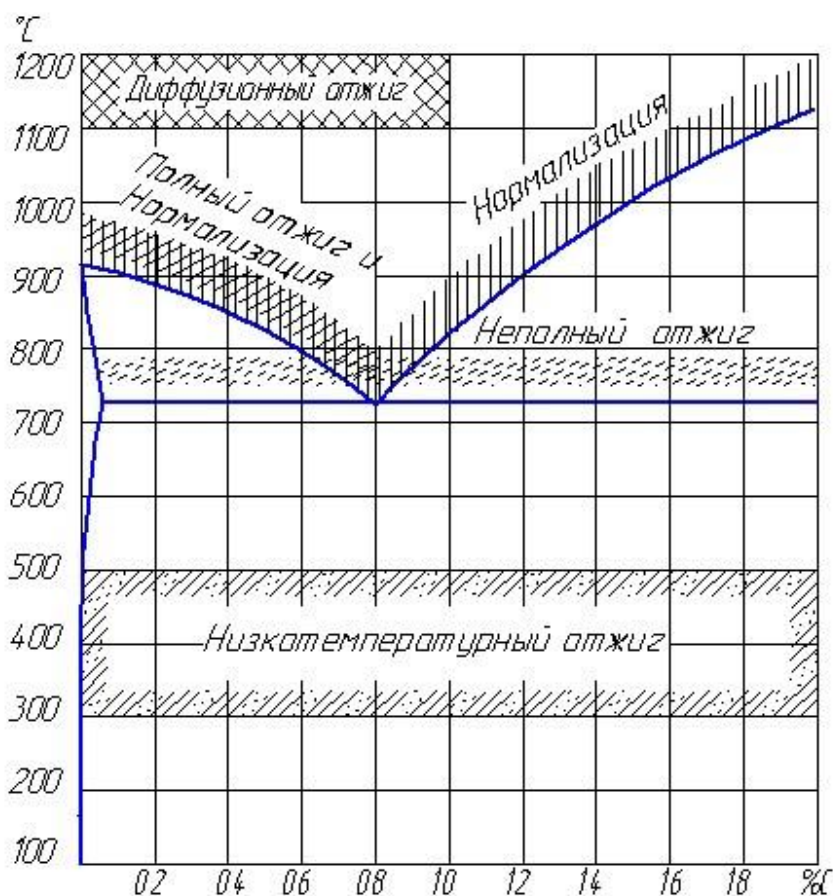


Рисунок 14 – Диаграмма состояния с интервалами нагрева углеродистой стали для некоторых видов отжига и нормализации

9.2 Задание на практическую работу

Задание 1. Для марки стали соответствующей вашему варианту указать содержание углерода и принадлежность данной стали к конструкционной или инструментальной, определить механические свойства до термообработки. Выбрать и обосновать последовательность операций предварительной и окончательной термообработки изделия из данной стали.

Задание 2. Для указанных условий (деталь, марка стали, цель термообработки) определить вид термообработки и ее температурный режим.

Таблица 15 – Варианты заданий

<i>Вариант</i>	<i>Задание 1</i>	<i>Задание 2</i>		
		<i>Деталь</i>	<i>Марка стали</i>	<i>Цель термообработки</i>
1	70	Вал	40Х	Повышение поверхностной прочности и улучшение механических свойств
2	У7	Шестерня	20ХГНМ	
3	20	Сверло	Р6М5	
4	У13А	Шкив	25	
5	40	Фреза	Р18	Снятие внутренних напряжений после механической обработки
6	У8	Ось	20	
7	60	Втулка	35	
8	У12	Вал	50Л	Устранение химической неоднородности
9	80	Корпус подшипника	20	
10	У9	Шестерня	25ХГМ	Получение мелкозернистой структуры
11	40Х	Крюк крана	60	
12	У11	Вал	45	
13	50	Резец	Корпус 40Х Напайка Р18	Снятие внутренних напряжений после сварки
14	ХВГ	Вал	60Г	Повышение поверхностной прочности и улучшение механических свойств
15	30	Зубило	У8	
16	У7А	Ось	40	
17	10	Метчик	У12А	
18	У13	Корпус насоса	20Х	Снятие внутренних напряжений после механической обработки
19	70Г	Рычаг	25	
20	У8А	Поршень	40	
21	45	Гаечный ключ	ХВГ	Устранение химической неоднородности
22	9ХС	Вал	40Х	
23	20Х	Поршень	80	Получение мелкозернистой структуры
24	У12А	Рычаг	20Х	
25	85	Звездочка	40	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ: уч. пособие для вузов. Изд. 4-е доп. и перераб./ С.С. Горелик, Ю.А. Скаков, Л.Н. Расторгуев. – М.: МИСИС, 2002. – 360 С.
2. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: уч. пособие для студентов вузов / Андриевский Р.А., Рагуля А.В. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
3. Тушинский Л.И. Методы исследования материалов: структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий: уч. пособие для вузов / Л.И. Тушинский, А.В. Плохов, А.О.Токарев, В.И. Синдеев. – М.: Мир, 2004.– 384 с.
4. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии: уч. по-сobie для вузов/В.Л. Миронов. – Н.Новгород: Институт физики нанострук-турРАН, 2004. – 110 с.
5. Бахтизин Р.З. Сканирующая туннельная микроскопия – новый метод изучения поверхности твердых тел // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6, № 11. – С. 1-7.
6. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Metallургия, 1983.
7. Гуляев А.П., Малинина К.А., Саверина С.М. Инструментальные стали: Справочник. – М.: Машиностроение, 1975.
8. Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали: Спра-вочник. – М.: Машиностроение, 1992.
9. Калачев Б.А., Ливанов Б.А., Елагин В.И. Металловедение и терми-ческая обработка цветных металлов и сплавов. – М.: МИСИС, 2005.
10. Коршунова Т.Е., Овсянникова Г.Л. Принцип обозначения марок черных и цветных сплавов. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 1998.
11. Коршунова Т.Е. Микроанализ. Твердость материалов. – Владиво-сток: Изд-во ВГУЭС, 1999.