

Филиал Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения Иркутской области «Иркутский колледж автомобильного транспорта и дорожного строительства» в поселке Улькан

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ
РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

ОП.07 Основы материаловедения

по программе подготовки квалифицированных рабочих и служащих

15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики

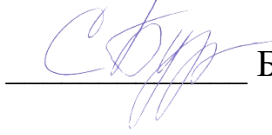
2020 г.

Методические указания для выполнения практических работ по дисциплине разработаны на основе ФГОС СПО по профессии 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики и рабочей программы дисциплины ОП.07 «Основы материаловедения».

Организация-разработчик: Филиал Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения Иркутской области «Иркутский колледж автомобильного транспорта и дорожного строительства» в поселке Улькан

Разработчик:
Шопенко Анастасия Александровна, преподаватель

Рассмотрены и одобрены на заседании методической комиссии
«Общеобразовательный цикл»

Руководитель МК  Бурлакова С.С.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению практических работ составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Основы материаловедения» для оказания помощи обучающимся в организации и успешном выполнении практических работ по дисциплине «Основы материаловедения» по профессии 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики.

При изучении учебной дисциплины «Основы материаловедения» на проведение практических занятий отводится 18 часов.

Освоение содержания учебной дисциплины «Основы материаловедения» обеспечивает достижение обучающимися следующих результатов:

Код, ПК, ОК	предметные	метапредметные	личностные
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам. ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности. ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие. ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами. ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности. ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на	- формирование системы знаний о закономерностях процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, об основах их термообработки, способах защиты металлов от коррозии; о строении и свойствах металлов и сплавов, об их области применения; - понимание принципов выбора конструкционных материалов для применения в производстве; - знание классификации и способов получения композиционных материалов; - умение распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам; - умение определять виды конструкционных	- формирование умения распознавать, анализировать задачу и/или проблему, выделять её составные части; правильно выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; - овладение умениями определять задачи поиска информации, планировать процесс поиска; выделять наиболее значимое в перечне информации; оценивать практическую значимость результатов поиска; оформлять результаты поиска; - формирование умения выстраивать траектории профессионального и личностного развития; - овладение навыками	- понимание сущности и социальной значимости будущей профессии, проявление к ней устойчивого интереса; - способность анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы; - готовность ставить перед собой цели под решение возникающих профессиональных задач, подбирать способы решения и средства развития, в том числе с использованием информационных технологий.

государственном и иностранном языке.	материалов.	организовывать работу коллектива и команды, взаимодействовать с коллегами, руководством; - умение применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач, использовать современное программное обеспечение; - умение понимать общий смысл произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы, строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности.	
--------------------------------------	-------------	---	--

Критерии оценивания выполнения практических работ

Оценка	Критерии оценки ответа студента
«Отлично»	Показал полное знание технологии выполнения задания. Продemonстрировал умения применять теоретические знания, правила выполнения задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.
«Хорошо»	Задание в целом выполнил, но допустил неточности. Показал знание алгоритма выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.
«Удовлетворительно»	Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.
«Не удовлетворительно»	Не выполнил задание. Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания. Не знает алгоритм выполнения задания. Не выполнил норматив на положительную оценку.

Перечень практических работ

№ п/п	Название практической работы	Количество часов
№ 1	Определение дефектов кристаллического строения.	1
№ 2	Определение дефектов кристаллического строения.	1
№ 3	Изучение диаграммы состояния системы «железо-углерод».	1
№ 4	Изучение диаграммы состояния системы «железо-углерод».	1
№ 5	Определение твердости по Бринеллю.	1
№ 6	Определение твердости по Бринеллю.	1
№ 7	Ознакомление со структурой и свойствами сталей.	1
№ 8	Ознакомление со структурой и свойствами чугунов.	1
№ 9	Ознакомление со структурой и свойствами цветных металлов и сплавов.	1
№ 10	Ознакомление со структурой и свойствами цветных металлов и сплавов.	1
№ 11	Классификация неметаллических материалов по внешнему виду, происхождению и свойствам.	1
№ 12	Классификация неметаллических материалов по внешнему виду, происхождению и свойствам.	1
№ 13	Изучение свойств и характеристик диэлектрических материалов.	1
№ 14	Изучение свойств и характеристик диэлектрических материалов.	1
№ 15	Изучение структуры и свойств полупроводниковых материалов.	1
№ 16	Изучение структуры и свойств полупроводниковых материалов.	1
№ 17	Изучение структуры и свойств проводниковых материалов.	1
№ 18	Изучение структуры и свойств проводниковых материалов.	1
Итого:		18

Практическая работа № 1-2

«Определение дефектов кристаллического строения».

Цель: получить представление о видах дефектов в кристаллах и их влиянии на прочность материалов.

Ход работы:

1. Изучить теоретический материал по теме работы.
2. Ответить на вопросы.

Теоретический материал

Идеальные кристаллы в природе не встречаются. Реальные кристаллы, в том числе металлы, всегда имеют отклонения от правильного строения, или дефекты.

Дефекты кристаллического строения классифицируют по геометрическому признаку – по размерам вызываемых ими нарушений периодичности кристаллической решётки. Различают точечные, линейные, поверхностные и объёмные дефекты.

1) Точечными называют дефекты, которые малы во всех трёх пространственных направлениях, т. е. соизмеримы с межатомным расстоянием. Это вакансии, межузельные атомы, примеси замещения и внедрения.

Вакансия – это отсутствие атома в узле кристаллической решетки, «пустое место». Атомы вокруг вакансии сближаются, так как в этом месте силы притяжения между атомами превышают силы отталкивания: $F_{пр} > F_{отт}$. Кристалл как бы сжимается, стремится «залечить» дефект.

Смещение атомов вокруг вакансии упрощённо показано на рис. 1.1, а.

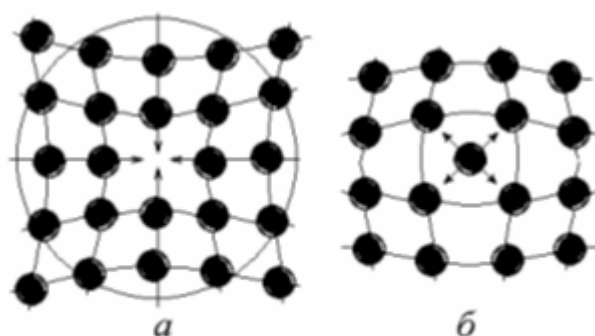


Рис. 1.1. Точечные дефекты: вакансия (а) и межузельный атом (б)

Вакансии играют огромную роль в процессах диффузии: они способствуют движению атомов внутри металла.

Число их растёт с увеличением температуры: атомы с поверхности металла могут переходить в окружающую среду, получив дополнительную энергию, а образовавшиеся вакансии

продвигаются вглубь металла.

Межузельный атом – это собственный «родной» атом металла, выбитый узла. Их всегда меньше, чем вакансий. Вокруг межузельного атома соседи раздвигаются: здесь $F_{отт} > F_{пр}$ (см. рис. 1.1, б).

Примесной атом, или примесь – это атом другого, «чужого» вещества, попавшего в металл (обычно из руды при выплавке). Примесные атомы могут замещать собственные в узлах кристаллической решётки (примесь замещения) или занимать поры между ними (примесь внедрения). Примесные атомы искажают решётку сильнее, чем собственные межузельные атомы, что упрощённо показано на рис. 1.2.

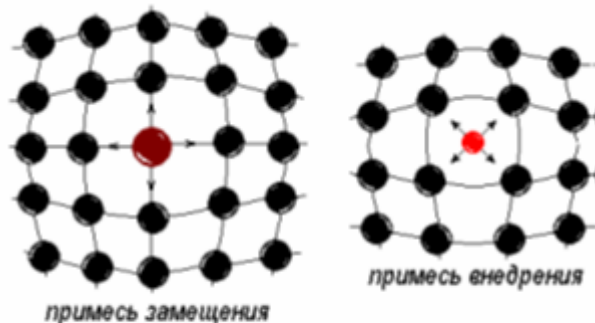


Рис. 1.2. Точечные дефекты: примесные атомы

Из всех точечных дефектов существенное влияние на прочность металла оказывают только примеси, особенно примеси внедрения. Они затрудняют пластическую деформацию металла, поэтому повышают прочностные характеристики.

2) Линейными называют дефекты, которые малы только в двух пространственных направлениях, а в третьем имеют протяженность в тысячи и миллионы межатомных расстояний. Эти дефекты называют дислокациями. Дислокации бывают краевые, винтовые и смешанные.

Краевая дислокация – это область под краем незавершённой, недостроенной атомной плоскости в металле. (Можно сказать и «над краем», так как понятия «низ» и «верх» в тонкой структуре металла не имеют значения) Недостроенная плоскость является как бы «лишней», нарушающей идеальную структуру металла (рис. 1.3, а).

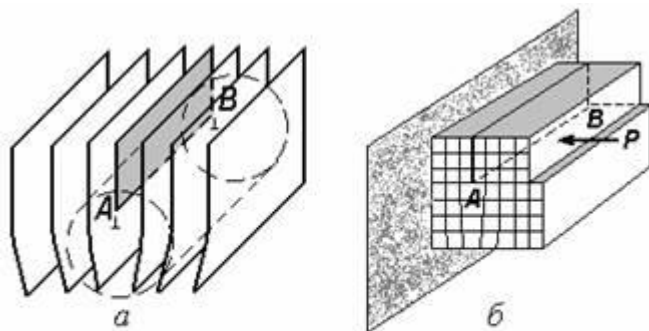


Рис. 1.3. Краевая дислокация (а) и возникновение дислокации при сдвиге (б)

Ее называют экстраплоскостью. Краевая дислокация может возникнуть при воздействии силы P , деформирующей кристалл: в верхней части кристалла сдвиг прошел до линии АВ, а левее этой линии кристалл остался недеформированным.

Возникла экстраплоскость; её край АВ и есть линия краевой дислокации (см. рис. 1.3, б).

У края экстраплоскости создается разрежение атомов, поэтому ближайшие к нему атомы сдвигаются в сторону отсутствующего ряда.

Решётка здесь стремится сжаться, «закрыть» дефект. Область искажения решётки мала в двух направлениях, а в третьем может проходить через весь кристалл. Можно представить краевую дислокацию как трубку диаметром в 2-3

межатомных расстояния, но очень большой длины. В эту разреженную область должны стремиться атомы примесей, так как это энергетически выгодно.

Винтовая дислокация подобна винтовой лестнице; это атомная плоскость, закрученная в спираль и ставшая винтовой поверхностью.

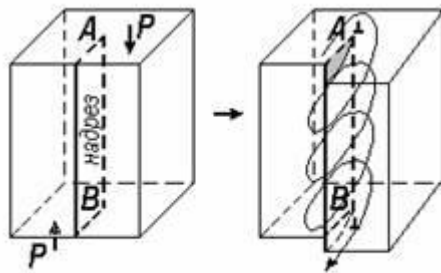


Рис. 1.4. Винтовая дислокация

Условно можно представить, что винтовая дислокация возникает, если надрезать кристалл до какой-то прямой АВ, а затем сдвинуть одну надрезанную половинку вниз относительно другой на одно межатомное расстояние. В области надреза образуется ступенька на каждой атомной плоскости. Получается, что весь кристалл представляет собой винтовую поверхность, «закрученную» вокруг линии АВ (рис. 1.4).

Чаще всего встречаются смешанные дислокации: краевая и винтовая переходят одна в другую. На рис. 1.5 АВ – линия смешанной дислокации.

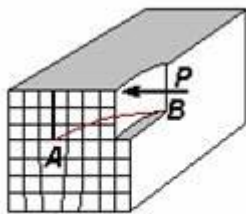


Рис. 1.5. Смешанная дислокация

Количество дислокаций в металле характеризуют их плотностью.

Плотность дислокаций ρ – это суммарная их длина в единице объёма:

$$\rho = \frac{\sum l}{V} [\text{см}^{-2}]$$

Дислокации возникают при зарождении и росте кристаллов, а также при деформации.

Дислокации играют важнейшую роль в теории прочности, пластичности и разрушения металлов. Влияние их на прочность неоднозначно: с появлением дислокаций прочность идеального кристалла резко снижается, но при очень большой их плотности снова начинает расти (см. рис. 1.6).

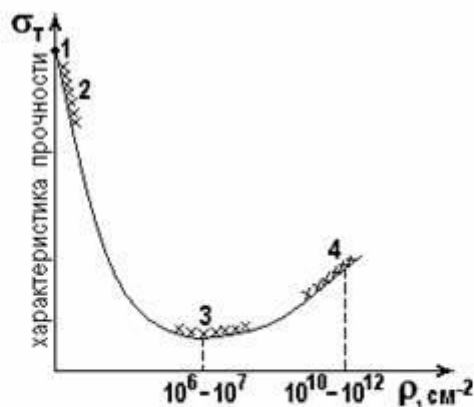


Рис. 1.6. Влияние плотности дислокаций на прочность:

1 – идеальный кристалл; 2 – «усы», кристаллы с минимальной плотностью дефектов; 3 – отожжённые металлы; 4 – сильно деформированные металлы с высокой плотностью дислокаций

3) Поверхностными называют дефекты, которые малы в одном направлении, а в двух других – намного больше межатомного расстояния.

Это границы зёрен в поликристаллах, границы субзёрен и двойников (рис. 1.7). Внешние поверхности металлических изделий также являются поверхностными дефектами с особым строением.

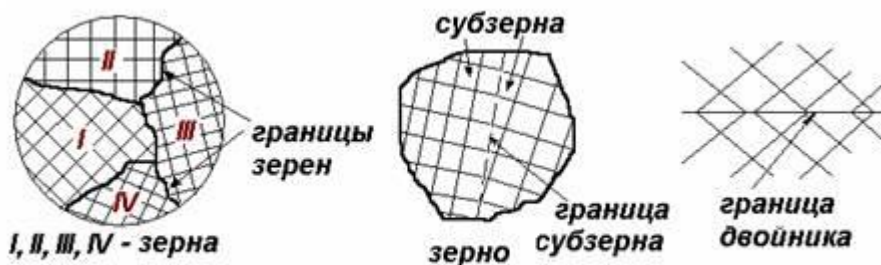


Рис. 1.7. Поверхностные дефекты: границы зёрен, субзёрен и двойников

Угол разориентировки между двумя соседними зёрнами может быть любым, а между двумя субзёрнами в зерне – не более 6°.

Очень важно хорошо представлять, что граница зерна – это не «стена» из чего-то между соседними зёрнами и не пустота между ними.

Это область, где нарушается строго упорядоченное строение металла: атомные плоскости в одном зерне не имеют продолжения в соседнем, там атомные плоскости расположены в другом направлении.

Надо также не забывать, что границы зёрен – не линии, хотя именно так мы видим их на отполированной и протравленной поверхности металла. Это поверхности раздела между зёрнами, представляющими собой неправильные многогранники. Каждое зерно как бы «завёрнуто» в свою границу.

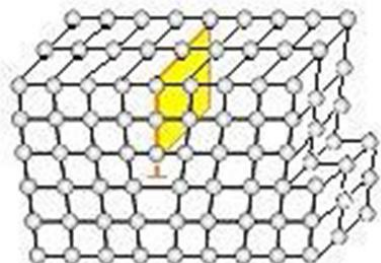
Влияние поверхностных дефектов на прочность металла велико: границы зёрен и субзёрен являются препятствиями для развития деформации, а значит – упрочняют металл. Чем больше поверхность границ в единице объёма, тем прочнее металл.

4) Объёмные дефекты во всех трёх измерениях намного больше межатомного расстояния. Это раковины, поры, зародыши трещин, неметаллические включения. Все объёмные дефекты являются очагами возможного разрушения, т. е. влияют на прочность отрицательно. По сути, эти дефекты – брак литейного производства и других видов обработки.

Контрольные вопросы:

1. По какому признаку классифицируются дефекты кристаллического строения?

2. Какой это дефект?



3. Как дислокации влияют на прочность металла?
4. Объёмные дефекты кристаллического строения – это ...

Практическая работа № 3-4

«Изучение диаграммы состояния системы «железо-углерод».

Цель: изучить диаграмму состояния железоуглеродистых сплавов. Разобраться с превращениями, происходящими в железоуглеродистых сплавах при медленном охлаждении и нагреве.

Теоретический материал

Диаграмма железоуглеродистых сплавов может быть представлена в двух вариантах: метастабильном, отражающем превращения в системе "железо – карбид железа", и стабильном, отражающем превращения в системе "железо – графит". Наибольшее практическое значение имеет диаграмма состояния "железо – карбид железа", т.к. для большинства технических сплавов превращения реализуются по этой диаграмме.

Карбид железа (Fe_3C) называют цементитом, поэтому метастабильную диаграмму железоуглеродистых сплавов называют диаграммой состояния "железо – цементит" ($\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$).

Компоненты и фазы в железоуглеродистых сплавах.

Основными компонентами железоуглеродистых сплавов являются железо и углерод, которые относятся к полиморфным элементам. В железоуглеродистых сплавах эти элементы взаимодействуют, образуя различные фазы. Под фазой в общем смысле понимается однородная часть системы, имеющая одинаковый химический состав, физические свойства и отделенная от других частей системы поверхностью раздела. Взаимодействие железа и углерода состоит в том, что углерод может растворяться как в жидком (расплавленном) железе, так и в различных его модификациях в твердом состоянии. Помимо этого он может образовывать с железом химическое соединение. Таким образом, в железоуглеродистых сплавах могут образовываться следующие фазы: жидкий раствор, аустенит, феррит, цементит.

Аустенит (обозначают A или γ) – твердый раствор внедрения углерода в Fe_γ . Имеет ГЦК-решетку, растворяет углерода до 2,14 %, немагнитен, твердость (160–200 НВ).

Феррит (обозначают Φ или α) – твердый раствор внедрения углерода в Fe_α . Имеет ОЦК-решетку, растворяет углерода до 0,02 % (727 °С), при 20 °С менее 0,006 %, ферромагнитен до температуры 769 °С, твердость (80-100 НВ).

Цементит (Ц) – химическое соединение железа с углеродом (Fe_3C). Содержит 6,67 % С. При нормальных условиях цементит тверд (800 НВ) и хрупок. Слабо ферромагнитен до 210 °С.

Превращения в железоуглеродистых сплавах.

Диаграмма состояния Fe – Fe_3C (рис. 5.1) показывает фазовый состав и превращения в сплавах с концентрацией от чистого железа до цементита.

Превращения в железоуглеродистых сплавах происходит как при кристаллизации (затвердевании) жидкой фазы (Ж), так и в твердом состоянии.

Первичная кристаллизация идет в интервале температур, ограниченных линиями ликвидус (ACD) и солидус (AECF).

Вторичная кристаллизация происходит за счет превращения железа одной аллотропической модификации в другую и за счет изменения растворимости углерода в аустените и феррите, которая уменьшается с понижением температуры. Избыток углерода выделяется из твердых растворов в виде цементита. В сплавах системы Fe – Fe_3C происходят следующие изотермические превращения:

Эвтектическое превращение на линии ECF (1147 °С)

$\text{ЖС} \rightarrow (\text{АЕ} + \text{ЦF})$;

Эвтектоидное превращение на линии PSK (727 °С)

$\text{AS} \rightarrow (\text{ФP} + \text{ЦK})$.

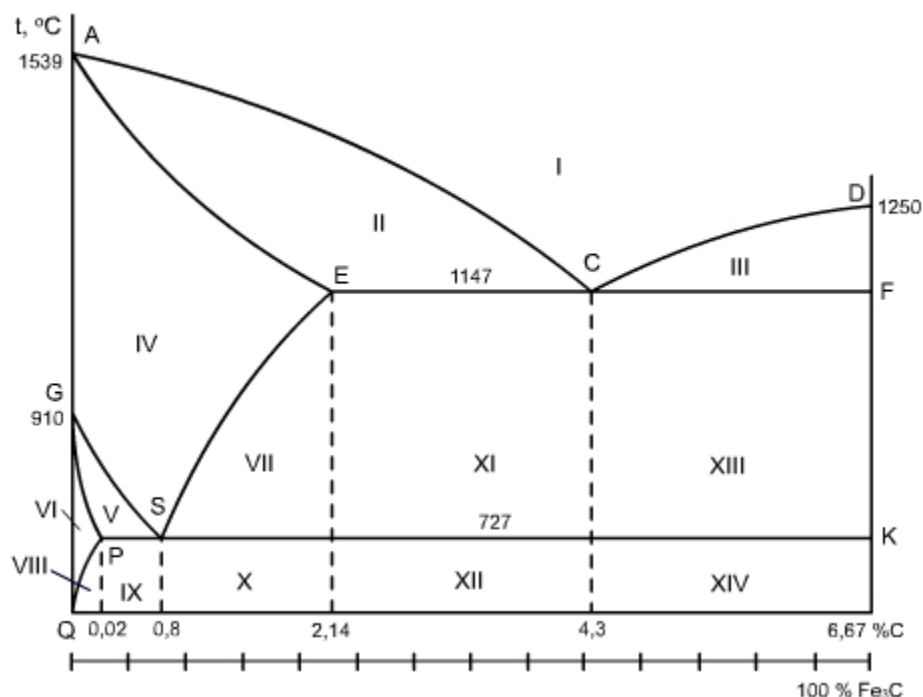


Рис. 1. Диаграмма состояния Fe – Fe_3C
(в упрощенном виде)

Эвтектическая смесь аустенита и цементита называется ледебуритом (Л), а эвтектоидная смесь феррита и цементита – перлитом (П).

Ледебурит содержит 4,3 % углерода. При охлаждении ледебурита ниже линий PSK входящий в него аустенит превращается в перлит и при нормальной температуре ледебурит представляет собой смесь перлита и цементита и называется ледебуритом превращенным (Лпр). Цементит в этой структурной составляющей образует сплошную матрицу, в которой размещены колонии перлита. Такое строение ледебурита объясняет его большую твердость (700 HB) и хрупкость.

Перлит содержит 0,8 % углерода. В зависимости от формы частичек цементита бывает пластинчатый и зернистый. Является прочной структурной составляющей с твердостью (210 HB).

Линии диаграммы состояния Fe – Fe₃C.

Линии диаграммы представляют собой совокупность критических точек сплавов с различным составом, характеризующих превращения в этих сплавах при соответствующих температурах.

Рассмотрим значение линий диаграммы при медленном охлаждении.

ACD – линия ликвидус. Выше этой линии все сплавы находятся в жидком состоянии.

AECF – линия солидус. Ниже этой линии все сплавы находятся в твердом состоянии.

AC – из жидкого раствора выпадают кристаллы аустенита.

CD – линия выделения первичного цементита.

AE – заканчивается кристаллизация аустенита.

ECF – линия эвтектического превращения.

GS – определяет температуру начала выделения феррита из аустенита (910–727 °C).

GP – определяет температуру окончания выделения феррита из аустенита.

PSK – линия эвтектоидного превращения.

ES – линия выделения вторичного цементита.

PQ – линия выделения третичного цементита.

Области диаграммы состояния Fe – Fe₃C.

Линии диаграммы: делят все поле диаграммы на области равновесного существования фаз. Каждой области диаграммы соответствует определенное структурное состояние, сформированное в результате происходящих в сплавах превращений.

I – Жидкий раствор (Ж).

II – Жидкий раствор (Ж) и кристаллы аустенита (А).

III – Жидкий раствор (Ж) и кристаллы цементита первичного (ЦI).

IV – Кристаллы аустенита (А).

- V – Кристаллы аустенита (А) и феррита (Ф).
 VI – Кристаллы феррита (Ф).
 VII – Кристаллы аустенита (А) и цементита вторичного (ЦII).
 VIII – Кристаллы феррита (Ф) и цементита третичного (ЦIII).
 IX – Кристаллы феррита (Ф) и перлита (П).
 X – Кристаллы перлита (П) и цементита вторичного (ЦII).
 XI – Кристаллы аустенита (А), ледебурита (Л) и цементита вторичного (ЦII).
 XII – Кристаллы перлита (П), цементита вторичного (ЦII) и ледебурита превращенного (Л пр).
 XIII – Кристаллы ледебурита (Л) и цементита первичного (ЦИ).
 XIV – Кристаллы цементита первичного (ЦИ) и ледебурита превращенного (Л пр).

Ход работы:

1. Начертить диаграмму состояния Fe – Fe₃C с обозначением фаз и структурных составляющих по всем областям диаграммы.
2. Охарактеризовать линии и структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.
3. Подробно описать изменения структуры при медленном охлаждении контрольного сплава. Варианты контрольных сплавов указаны в табл.5.1. Фрагмент диаграммы с контрольным сплавом изображен на рис. 5.2.
4. Сделать вывод.

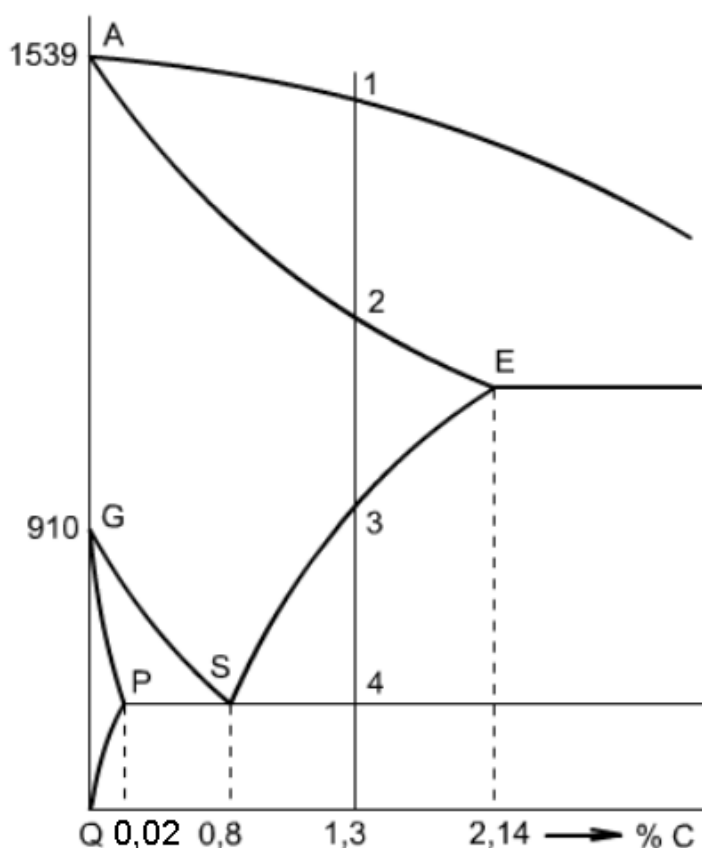


Рис. 5.2. Фрагмент диаграммы состояния Fe – Fe₃C с нанесенной ординатой состава сплава, содержащего 1,3 % C.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое фаза?
2. Что такое аустенит?
3. Что такое феррит?
4. Что такое цементит?
5. Какими линиями диаграммы ограничивается температурный интервал первичной кристаллизации?
6. В чем состоит сущность эвтектического превращения?
7. В чем состоит сущность эвтектоидного превращения?
8. Что такое ледебурит?
9. Что такое перлит?
10. На какой линии происходят эвтектические превращения?
11. На какой линии происходят эвтектоидные превращения?
12. Линия выделения первичного цементита?
13. Линия выделения вторичного цементита?
14. Линия выделения третичного цементита?
15. Назовите фазы железоуглеродистых сплавов.
16. Содержание углерода в цементите?
17. При какой температуре происходит эвтектическое превращение?
28. При какой температуре происходит эвтектоидное превращение?

Таблица 5.1

Варианты контрольных сплавов

№ п/п	% C	№ п/п	% C	№ п/п	% C
1	0,2	11	5,1	21	1,2
2	1,1	12	2,8	22	3,5
3	3,0	13	1,1	23	4,3
4	4,3	14	0,45	24	5,5
5	5,0	15	1,7	25	0,15
6	0,02	16	1,0	26	0,8
7	0,35	17	4,5	27	0,9
8	0,8	18	2,7	28	2,4
9	1,3	19	0,7	29	4,7
10	2,5	20	0,4	30	1,2

Практическая работа № 5-6

«Определение твердости по Бринеллю».

Цель: усвоить понятие твердости, изучить сущность ее определения различными методами. Научиться самостоятельно измерять твердость наиболее распространенными методами.

Теоретический материал

Под твердостью материала понимают его способность сопротивляться пластической или упругой деформации при внедрении в него более твердого тела (индентора).

Этот вид механических испытаний не связан с разрушением металла и, кроме того, в большинстве случаев не требует приготовления специальных образцов.

Все методы измерения твердости можно разделить на две группы в зависимости от вида движения индентора: статические методы и динамические.

Наибольшее распространение получили статические методы определения твердости. Статическим методом измерения твердости называется такой, при котором индентор медленно и непрерывно вдавливается в испытуемый металл с определенным усилием. К статическим методам относят следующие: измерение твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу (рис. 1).

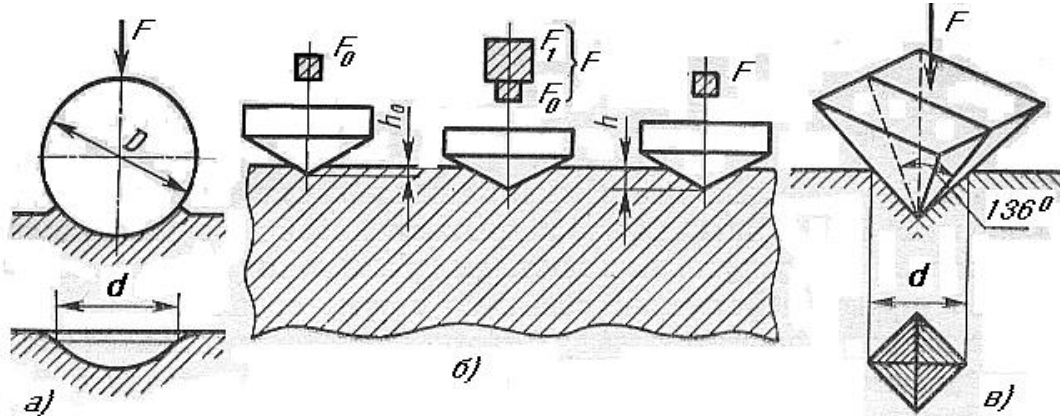


Рис. 1. Схема определения твердости:

а) по Бринеллю; б) по Роквеллу; в) по Виккерсу

При динамическом испытании контролируется величина отскока испытательного инструмента от поверхности испытываемого образца. К динамическим методам относят следующие: твердость по Шору, по Полюди.

Измерение твердости по Бринеллю.

Сущность метода заключается в том, что шарик (стальной или из твердого сплава) определенного диаметра под действием усилия, приложенного перпендикулярно поверхности образца, в течение определенного времени вдавливается в испытуемый металл (рис. 1а). Величину твердости по Бринеллю определяют исходя из измерений диаметра отпечатка после снятия усилия.

При измерении твердости по Бринеллю применяются шарики (стальные или из твердого сплава) диаметром 1,0; 2,0; 2,5; 5,0; 10,0 мм.

При твердости металлов менее 450 единиц для измерения твердости применяют стальные шарики или шарики из твердого сплава. При твердости металлов более 450 единиц - шарики из твердого сплава.

Величину твердости по Бринеллю рассчитывают как отношение усилия F , действующего на шарик, к площади поверхности сферического отпечатка A :

$$HB (HBW) = \frac{F}{A} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

где HB – твердость по Бринеллю при применении стального шарика;
(HBW твердость по Бринеллю при применении шарика из твердого сплава),
МПа (кгс);

F – усилие, действующее на шарик, Н (кгс);

A – площадь поверхности сферического отпечатка, мм²;

D – диаметр шарика, мм;

d – диаметр отпечатка, мм.

Одинаковые результаты измерения твердости при различных размерах шариков получаются только в том случае, если отношения усилия к квадратам диаметров шариков остаются постоянными. Исходя из этого, усилие на шарик необходимо подбирать по следующей формуле:

$$F = K \cdot D^2 \quad (2)$$

Диаметр шарика D и соответствующее усилие F выбирают таким образом, чтобы диаметр отпечатка находился в пределах:

$$0,24 \cdot D \leq d \leq 0,6 \cdot D \quad (3)$$

Если отпечаток на образце получается меньше или больше допустимого значения d, то нужно увеличить или уменьшить усилие F и произвести испытание снова.

Коэффициент K имеет различное значение для металлов разных групп по твердости. Численное, же значение его должно быть таким, чтобы обеспечивалось выполнение требования, предъявляемого к размеру отпечатка (3).

Толщина образца должна не менее, чем в 8 раз превышать глубину отпечатка.

Последовательность измерения твердости по Бринеллю.

Подготовка образца, выбор условий испытания, получение отпечатка, измерение отпечатка и определение числа твердости производится в строгом соответствии ГОСТ 9012-59 (в редакции 1990 г.). Необходимые для замера твердости значения выбираются из таблиц этого ГОСТа.

Значение K выбирают в зависимости от металла и его твердости в соответствии с табл. 1.

Таблица 1 Испытание твердости по Бринеллю

Диаметр шарика D, мм	Прикладываемое усилие F, Н				
	$K = F/D^2$				
	30	10	5	2,85	1
10	29420	9807	4903	2452	980,7

5	7355	2452	1226	612,9	245,2
2,5	1839	612,9	306,5	153,2	61,3
1	294,2	98,1	49,0	24,5	9,81
Диапазон твердости НВ	55 – 650	35 – 200	<55	8 – 55	3 – 20
Измеряются	Сталь, чугун, медь и ее сплавы, легкие сплавы	Чугун, сплавы меди, легкие сплавы	Медь и ее сплавы, легкие сплавы	Легкие сплавы	Свинец, олово

Усилие, F в зависимости от значения K и диаметра шарика D устанавливаются в соответствии с табл. 1.

Рекомендуемое время выдержки образца под нагрузкой для сталей составляет 10 с, для цветных сплавов 30 с (при $K=10$ и 30) или 60 с (при $K=2.5$).

Данные замеров занести в протокол.

Протокол испытаний

Марка металла	D шарика, мм	F, Н (кгс)	Продол. выдержки, с	Диаметр отпечатка, мм		Среднее арифм., d_{cp} , мм	НВ (HBW)
				d_1	d_2		

Контрольные вопросы:

1. Что такое твердость?
2. Классификация методов измерения твердости.
3. Сущность измерения твердости по Бринеллю.
4. До какого значения твердости при испытании по Бринеллю используются стальные шарики?
5. Какого диаметра шарики используются при испытании на твердость по Бринеллю?
6. Из каких условий выбирается диаметр шарика при испытании на твердость по Бринеллю?
7. Пример записи твердости по Бринеллю?

Практическая работа № 7

«Ознакомление со структурой и свойствами сталей».

Цель: обобщить, систематизировать и углубить теоретические знания по классификации, маркировке и свойствам сталей.

Ход работы:

1. Повторите пройденный материал по лекциям, используя учебник.

2. Письменно ответьте на вопросы:

1. Дайте классификацию стали.
2. Как маркируют стали обыкновенного качества, качественные, легированные?
3. Что такое прочность? Методы измерения, характеристики, единицы измерения.
4. Чем отличается упругая деформация от пластической?
5. Что такое пластичность? Методы измерения, характеристики, единицы измерения.
6. Что такое твердость? Методы определения твердости.
7. Что такое ударная вязкость?
8. Чем отличаются статические методы испытаний от динамических?

Практическая работа № 8

«Ознакомление со структурой и свойствами чугунов».

Цель: обобщить, систематизировать и углубить теоретические знания по классификации, маркировке и свойствам чугунов.

Ход работы:

1. Повторите пройденный материал по лекциям, используя учебник.
2. Письменно ответьте на вопросы:
 1. Дайте классификацию чугуна.
 2. Как маркируют чугуны, раскройте принцип маркировки.
 3. Дайте характеристику литейным серым чугунам.
 4. Укажите химический состав отливок из ковкого чугуна.
 5. Раскройте технологию получения высокопрочного чугуна.
 6. Дайте общую характеристику специальных чугунов.
 7. Укажите назначение и свойства.

Практическая работа № 9-10

«Ознакомление со структурой и свойствами цветных металлов и сплавов».

Цель: изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение типовых цветных сплавов. Изучить обозначение и свойства сплавов на основе меди.

Ход работы:

1. Повторите пройденный материал по лекциям, используя учебник.
2. Письменно ответьте на вопросы:
 1. Как классифицируются цветные металлы?

2. Где применяются редкоземельные, благородные, урановые, тугоплавкие, легкие, легкоплавкие металлы?
3. Какие типичные цветные металлы используются в качестве основы для создания конструкционных материалов машиностроения?
4. Какие цветные металлы применяются в качестве основы для антифрикционных сплавов подшипников скольжения?
5. Какое применение находит алюминий и его сплавы в машиностроении?
6. Какие требования предъявляются к микроструктуре деформируемых и литейных цветных сплавов?
7. Какую микроструктуру должны иметь антифрикционные сплавы?
8. Что представляет собой твердый раствор $\square$ в дуралюминах?
9. Наиболее характерные свойства чистой меди. Механические свойства чистой меди, технической меди М1.
10. Как различают марки меди в зависимости от содержания примесей?
11. Что такое латунь?
12. Что такое бронза?

Практическая работа № 11-12

«Классификация неметаллических материалов по внешнему виду, происхождению и свойствам».

Цель: изучить основные виды неметаллических материалов конструкционного назначения и уметь различать их.

Ход работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Ознакомиться с неметаллическими материалами, представленными в наборе.
4. Практическое задание №1. Заполнить таблицу данных о неметаллических материалах (не менее 5 материалов)
5. Практическое задание №2. Заполнить таблицу пластмасс.

Теоретический материал

Понятие неметаллические материалы включает большой ассортимент материалов таких, как пластические массы, композиционные материалы, резиновые материалы, клеи, лакокрасочные покрытия, древесина, а также силикатные стекла, керамика и др.

Неметаллические материалы являются не только заменителями металлов, но и применяются как самостоятельные, иногда даже незаменимые материалы.

Отдельные материалы обладают высокой механической прочностью, легкостью, термической и химической стойкостью, высокими электроизоляционными характеристиками, оптической прозрачностью и т. п. Особо следует отметить технологичность неметаллических материалов. Применение неметаллических материалов обеспечивает значительную экономическую эффективность.

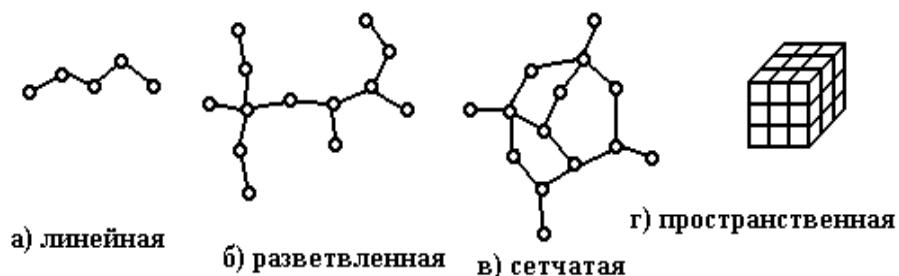
Основой неметаллических материалов являются полимеры, главным образом синтетические.

Полимерные материалы

Полимерами называют вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных элементарных звеньев (мономеров) одинаковой структуры. Молекулярная масса их составляет от 5000 до 1000 000. При таких больших размерах макромолекул свойства веществ определяются не только химическими составами этих молекул, но и их взаимным расположением и строением.

Классификация полимеров

Макромолекулы полимера представляют собой цепочки, состоящие из отдельных звеньев. Поперечное сечение цепи несколько ангстрем, а длина несколько тысяч ангстрем, поэтому макромолекулам полимера свойственна гибкость (которая ограничена размером сегментов — жестких участков, состоящих из нескольких звеньев).



Гибкость макромолекул является одной из отличительных особенностей полимеров. Молекулы полимеров характеризуются прочными связями в самих макромолекулах и относительно слабыми между ними. Полимеры в большом количестве встречаются в природе — натуральный каучук, целлюлоза, слюда, асбест, природный графит. Органическими полимерами являются смолы и каучуки. Элементоорганические соединения содержат в составе, основной цепи неорганические атомы кремния, титана, алюминия и других элементов, которые сочетаются с органическими радикалами (метальный, фенильный, этильный).

К неорганическим полимерам относятся силикатные стекла, керамика, слюда, асбест. В конкретных технических материалах используются как отдельные виды полимеров, так и сочетание различных групп полимеров; такие

материалы называют композиционными (например, стеклопластики, углепластики).

Все полимеры по отношению к нагреву подразделяют на термопластичные и термореактивные. Термопластичные полимеры при нагревании размягчаются, даже плавятся, при охлаждении затвердевают; этот процесс обратим, т. е. никаких дальнейших химических превращений материал не претерпевает. Структура макромолекул таких полимеров линейная или разветвленная.

Представителями термопластов являются полиэтилен, полистирол, полиамиды и др. Термореактивные полимеры на первой стадии образования имеют линейную структуру и при нагревании размягчаются, затем вследствие протекания химических реакций затвердевают (образуется пространственная структура) и в дальнейшем остаются твердыми. Примером термореактивных смол могут служить эпоксидная, фенолоформальдегидная, глифталевая и другие смолы.

Пластические массы

Пластмассами (пластиками) называют искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связующих веществ. Эти материалы способны при нагревании размягчаться, становиться пластичными, и тогда под давлением им можно придать заданную форму, которая затем сохраняется.

В зависимости от природы связующего переход отформованной массы в твердое состояние совершается или при дальнейшем ее нагревании, или при последующем охлаждении.

Обязательным компонентом пластмассы является связующее вещество. В качестве связующих для большинства пластмасс используются синтетические смолы, реже применяются эфиры целлюлозы. Многие пластмассы, главным образом термопластичные, состоят из одного связующего вещества, например полиэтилен, органические стекла и др. Другим важным компонентом пластмасс является наполнитель (порошкообразные, волокнистые и другие вещества как органического, так и неорганического происхождения). После пропитки наполнителя связующим получают полуфабрикат, который спрессовывается в монолитную массу. Наполнители повышают механическую прочность, снижают усадку при прессовании и. придают материалу те или иные специфические свойства (фрикционные, антифрикционные и т. д.).

Для повышения пластичности в полуфабрикат добавляют пластификаторы (органические вещества с высокой температурой кипения и низкой температурой замерзания, например, олеиновую кислоту, стеарин,

дибутилфталат и др.). Пластификатор сообщает пластмассе эластичность, облегчает ее обработку.

Наконец, исходная композиция может содержать отвердители (различные амины) или катализаторы (перекисные соединения) процесса отверждения термореактивных связующих, ингибиторы, предохраняющие полуфабрикаты от их самопроизвольного отверждения, а также красители (минеральные пигменты и спиртовые растворы органических красок, служащие для декоративных целей).

Свойства пластмасс зависят от состава отдельных компонентов, их сочетания и количественного соотношения, что позволяет изменять характеристики пластиков в достаточно широких пределах.

По характеру связующего вещества пластмассы подразделяют на термопластичные (термопласты), получаемые на основе термопластичных полимеров, и термореактивные (реактопласты) — на основе термореактивных смол. По виду наполнителя пластмассы делят на порошковые (пресс-порошки) с наполнителями в виде древесной муки, сульфитной целлюлозы, графита, талька, измельченных стекла, мрамора, асбеста, слюды, пропитанных связующими (часто их называют карболитами); волокнистые с наполнителями в виде очесов хлопка и льна (волокниты), стеклянного волокна (стекловолокниты), асбеста (асбоволокниты); слоистые, содержащие листовые наполнители (листы бумаги в гетинаксе, хлопчатобумажные, стеклянные, асбестовые ткани в текстолите, стеклотекстолите и асботекстолите, древесный шпон в древеснослоистых пластиках); крошкообразные (наполнитель в виде кусочков ткани или древесного шпона, пропитанных связующим); газонаполненные (наполнитель - воздух или нейтральные газы). В зависимости от структуры последние подразделяют на пенопласты и поропласты. Современные композиционные материалы содержат в качестве наполнителей угольные и графитовые волокна (карбоволокниты); волокна бора (бороволокниты).

По применению пластмассы можно подразделить на силовые (конструкционные, фрикционные и антифрикционные, электроизоляционные) и несиловые (оптически прозрачные, химически стойкие, электроизоляционные, теплоизоляционные, декоративные, уплотнительные, вспомогательные).

Резиновые материалы

Резиной называется продукт специальной обработки (вулканизации) смеси каучука и серы с различными добавками. Резина как технический материал отличается от других материалов высокими эластическими свойствами, которые присущи каучуку — главному исходному компоненту резины. Она способна к очень большим деформациям (относительное

удлинение достигает 1000%), которые почти полностью обратимы. Для резиновых материалов характерны высокая стойкость к истиранию, газо- и водонепроницаемость, химическая стойкость, электроизолирующие свойства и небольшая плотность.

В результате совокупности технических свойств резиновых материалов их применяют для амортизации и демпфирования, уплотнения и герметизации в условиях воздушных и жидкостных сред, химической защиты деталей машин, в производстве тары для хранения масел и горючего, различных трубопроводов (шлангов), для покрышек и камер колес самолетов, автотранспорта и т. д.

Состав и классификация резин.

Основой всякой резины служит каучук натуральный (НК) или синтетический (СК), который и определяет основные свойства резинового материала. Для улучшения физико-механических свойств каучуков вводятся различные добавки (ингредиенты). Таким образом, резина состоит из каучука и ингредиентов, рассмотренных ниже.

Вулканизирующие вещества (агенты) участвуют в образовании пространственно-сеточной структуры вулканизата. Обычно в качестве таких веществ применяют серу и селен, для некоторых каучуков перекиси. Для резины электротехнического назначения вместо элементарной серы (которая взаимодействует с медью) применяют органические сернистые соединения — тиурам (тиурамовые резины).

Ускорители процесса вулканизации: полисульфиды, окислы свинца, магния и др. влияют как на режим вулканизации, так и на физико-механические свойства вулканизатов. Ускорители проявляют свою наибольшую активность в присутствии окислов некоторых металлов (цинка и др.), называемых поэтому в составе резиновой смеси активаторами. Противостарители (антиоксиданты) замедляют процесс старения резины, который ведет к ухудшению ее эксплуатационных свойств.

Мягчители (пластификаторы) облегчают переработку резиновой смеси, увеличивают эластические свойства каучука, повышают морозостойкость резины. В качестве мягчителей вводят парафин, вазелин, стеариновую кислоту, битумы, дибутилфталат, растительные масла.

Наполнители по воздействию на каучук подразделяют на активные (усиливающие) и неактивные (инертные). Усиливающие наполнители (углеродистая сажа и белая сажа — крем - некислота, окись цинка и др.) повышают механические свойства резин: прочность, сопротивление истиранию, твердость. Неактивные наполнители (мел, тальк, барит) вводятся для удешевления стоимости резины.

Часто в состав резиновой смеси вводят регенерат — продукт переработки старых резиновых изделий и отходов резинового производства. Кроме снижения стоимости регенерат повышает качество резины, снижая ее склонность к старению.

Контрольные вопросы:

1. Что в себя включает понятие «неметаллические материалы»?
2. Что является основой неметаллических материалов?
3. Что такое полимеры?
4. Какие природные полимеры тебе известны?
5. Какие органические полимеры ты знаешь?
6. Какие неорганические полимеры ты знаешь?
7. Что такое пластмассы?
8. Что является связующим у пластмасс?
9. Роль наполнителей в пластмассах?
10. От чего зависят свойства пластмасс?
11. Какие пластмассы относят к несиловым?
12. Что является основой резины?
13. Свойства резины?
14. Применение резины?
15. Что входит в состав резин?
16. Как называется продукт переработки старых резиновых изделий и отходов резинового производства?

Практическое задание №1

Таблица данных о неметаллических материалах

Название неметаллического материала	Качественные характеристики	Область применения

Практическое задание №2

Вам предлагаются образцы двух пластмасс из следующего перечня: полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол, фенопласт.

Пользуясь таблицей 10, определите, какие именно пластмассы вам выданы. Обоснуйте свой выбор, заполнив таблицу:

Название пластмасс	Качественные характеристики

Таблица 10

Название пластмассы и формула структурного звена	Физические свойства, определяемые органо-лептически	Отношение к нагреванию	Характер горения
Полиэтилен	Жирный на ощупь. В виде пленки прозрачный, эластичный	Размягчается, в размягченном состоянии легко меняет форму, вытягивается в нити	Горит ярким пламенем с запахом расплавленного парафина. Продолжает гореть вне пламени

Название пластмассы и формула структурного звена	Физические свойства, определяемые органо-лептически	Отношение к нагреванию	Характер горения
Поливинилхлорид	Эластичный, в толстых слоях жесткий. Прозрачный или непрозрачный	Размягчается и разлагается с выделением хлороводорода	Горит коптящим пламенем. Вне пламени гаснет
Полистирол	Хрупкий, неэластичный; прозрачный, но может быть и непрозрачным	Размягчается, легко вытягиваются нити	Горит коптящим пламенем, ощущается приятный запах стирола. Продолжает гореть и вне пламени
Фенол-формальдегидная смола	Непрозрачная, неэластичная, хрупкая	Не размягчается, разлагается	Загорается, при длительном пребывании смолы в пламени ощущается характерный запах фенола

Практическая работа № 13-14

«Изучение свойств и характеристик диэлектрических материалов».

Цель: изучение диэлектрических свойств электротехнических материалов.

Ход работы:

1. Изучить теоретический материал.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретический материал

Свойство и качество электротехнических материалов, определяющих их технологичность при изготовлении различных видов электротехнического оборудования и их поведение в эксплуатации, оцениваются рядом параметров.

Диэлектрическими материалами называют класс электротехнических материалов, предназначенных для использования их диэлектрических свойств

(оказывать большое сопротивление прохождению электрического тока и способность поляризоваться).

В зависимости от своего физического состояния диэлектрики делятся на жидкие, твердые и газообразные.

Твердые диэлектрики - это чрезвычайно широкий класс веществ, содержащий вещества с радикально различающимися электрическими, теплофизическими, механическими свойствами.

Виды диэлектриков:

- Неполярный диэлектрик - вещество, содержащее молекулы с преимущественно ковалентной связью.
- Полярный диэлектрик - вещество, содержащее дипольные молекулы или группы, или имеющее ионы в составе структуры.
- Сегнетоэлектрик - вещество, имеющее в составе области со спонтанной поляризацией.
- *Неорганические диэлектрики:* стекла, слюда, керамика, неорганические пленки (окислы, нитриды, фториды), металлофосфаты, электроизоляционный бетон. Особенности неорганических диэлектриков - негорючи, как правило, свето-, озоно-, - термостойки, имеют сложную технологию изготовления. Старение на переменном напряжении практически отсутствует, склонны к старению на постоянном напряжении.
- *Органические диэлектрики:* полимеры, воски, лаки, резины, бумаги, лакоткани. Особенности органических диэлектриков - горючи (в основном), малостойки к атмосферным и эксплуатационным воздействиям, имеют (в основном) простую технологию изготовления, как правило, более дешевы по сравнению с неорганическими диэлектриками. Старение на постоянном напряжении практически отсутствует, на переменном напряжении стареют за счет частичных разрядов, дендритов и водных триингов.

Свойства наиболее применяемых диэлектриков: Полимеры, как правило, являются хорошими диэлектриками. Они обладают низкими диэлектрическими потерями, высоким удельным сопротивлением, высокой электрической прочностью, высокой технологичностью и, как правило, невысокой ценой. Кроме того, на основе полимеров с дисперсными добавками различной электропроводности, теплопроводности, магнитной проницаемости, диэлектрической проницаемости, твердости и т.п. можно получать разнообразные композиционные материалы с широким спектром свойств. По технологическим признакам полимерные материалы делятся на 2 класса - термопласты и реактопласты.

Применение в энергетике:

- линейная и подстанционная изоляция - это фарфор, стекло и кремнийорганическая резина в подвесных изоляторах ВЛ, фарфор в опорных и проходных изоляторах, стеклопластики в качестве несущих элементов, полиэтилен, бумага в высоковольтных вводах, бумага, полимеры в силовых кабелях;
- изоляция электрических приборов - бумага, гетинакс, стеклотекстолит, полимеры, слюдяные материалы;
- машин, аппаратов - бумага, картон, лаки, компаунды, полимеры;
- конденсаторы разных видов - полимерные пленки, бумага, оксиды, нитриды.

1. Нагревостойкая электрическая изоляция. Это в первую очередь изделия из слюдяных материалов, некоторые из которых способны работать до температуры 700°C. Стекла и материалы на их основе (стеклоткани, стеклослюдаины). Органосиликатные и металлофосфатные покрытия. Керамические материалы, в частности нитрид бора. Композиции из кремнийорганики с термостойким связующим. Из полимеров высокой нагревостойкостью обладают полиимид, фторопласт.

2. Влагостойкая электрическая изоляция. Эти материалы должны быть гидрофобны (несмачивание водой) и негигроскопичны. Ярким представителем этого класса является фторопласт. В принципе возможна гидрофобизация путем создания защитных покрытий на других негидрофобных диэлектриках.

3. Радиационно стойкая изоляция. Это, в первую очередь, неорганические пленки, керамика, стеклотекстолит, слюдяные материалы, некоторые виды полимеров (полиимиды, полиэтилен).

4. Тропикостойкая изоляция. Материал должен быть гидрофобным, чтобы работать в условиях высокой влажности и температуры. Кроме того, он должен быть стойким против плесневых грибов. Лучшие материалы: фторопласт, некоторые другие полимеры, худшие - бумага, картон.

5. Морозостойкая изоляция. Это требование характерно, в основном для резин, т.к. при понижении температуры все резины теряют эластичность. Наиболее морозостойка кремнийорганическая резина с фенильными группами (до -90°C).

6. Изоляция для работы в вакууме (космос, вакуумные приборы). Для этих условий необходимо использовать вакуумно-плотные материалы. Пригодны некоторые, специально приготовленные керамические материалы, малоприспособны полимеры.

Газообразные диэлектрики

К газообразным диэлектрикам относятся все газы и воздух.

Воздух является естественной изоляцией многих электротехнических конструкций: трансформаторов, конденсаторов, воздушных выключателей, линий электропередачи и как диэлектрик во многом определяет надежность их работы.

Как диэлектрики воздух имеет следующие положительные свойства:

- быстро восстанавливает свою электрическую прочность после пробоя;
- отсутствие старения, т.е. ухудшения свойств с течением времени;
- малые диэлектрические потери.

Отрицательными свойствами воздуха как диэлектрика являются:

- невозможность использования его для закрепления деталей устройств, вследствие чего они применяются в сочетании с твёрдыми диэлектриками;
- невысокая электрическая прочность;
- способность увлажняться;
- образовывать окислы и поддерживать горение;
- низкая теплопроводность.

Газообразные диэлектрики применяются в газонаполненных конденсаторах, газонаполненных кабелях и других устройствах.

Пьезоэлектрики

Пьезоэлектрики — диэлектрики, в которых наблюдается пьезоэффект, то есть те, которые могут либо под действием деформации индуцировать электрический заряд на своей поверхности (прямой пьезоэффект), либо под влиянием внешнего электрического поля деформироваться (обратный пьезоэффект).

Пьезоэлектрики широко используются в современной технике в качестве элемента датчика давления. Существуют пьезоэлектрические детонаторы, источники звука огромной мощности, миниатюрные трансформаторы, кварцевые резонаторы для высокостабильных генераторов частоты, пьезокерамические фильтры, ультразвуковые линии задержки и др. Наиболее широкое применение в этих целях кроме кристаллического кварца получила поляризованная пьезокерамика, изготовленная из поликристаллических сегнетоэлектриков, например, из цирконата-титаната свинца.

Пьезоэлектрики можно разделить на:

- натуральные кристаллы (AlPO_4)
- искусственные кристаллы (GaPO_4)
- полимеры (стекловолокно)
- пьезокерамику
- полупроводники III-V II-VII (ZnO)

Жидкие диэлектрики — молекулярные жидкости, удельное электрическое сопротивление которых превышает 10^{10} Ом см. Как и твердые

диэлектрики, жидкие диэлектрики поляризуются в электрических полях: для них характерна электронная и ориентационная поляризация. Диэлектрическая проницаемость (статическая) жидких диэлектриков может достигать значений 10^2 (для частоты 10^4 Гц). В сильных электрических полях происходит электрический пробой жидких диэлектриков, механизм которого (тепловой или электронный) зависит от природы жидкости, ее чистоты, температуры, и др.

Жидкими диэлектриками являются насыщенные ароматические, хлорированные и фторированные углеводороды, ненасыщенные парафиновые и вазелиновые масла, кремнийорганические соединения (полиорганосилоксаны), сжиженные газы, дистиллированная вода, расплавы некоторых халькогенидов и др. Для жидких диэлектриков характерна ковалентная связь электронов в молекулах, а между молекулами действуют ван-дер-ваальсовы силы.

Жидкие диэлектрики применяются в электроизоляционной технике в качестве пропитывающих и заливочных составов при производстве электро- и радиотехнической аппаратуры: в электрических аппаратах высокого напряжения, а также в блоках электронной аппаратуры. По применению они делятся на жидкости для конденсаторов, кабелей, циркулярных систем охлаждения выпрямительных установок и турбогенераторов, масляных выключателей. Электрическая прочность, диэлектрическая проницаемость и теплопроводность жидких диэлектриков имеет более высокие значения по сравнению с воздухом и другими газами при атмосферном давлении. Поэтому электроизоляционные жидкие диэлектрики должны обеспечивать повышение электрической прочности твердой пористой изоляции, отвод тепла от обмоток трансформатора, гашение электрической дуги в масляных выключателях. В импульсном электрическом поле их электрическая прочность возрастает.

Основными характеристиками диэлектрических жидкостей являются диэлектрическая проницаемость, электропроводность и электрическая прочность.

Диэлектрическая проницаемость является истинной характеристикой жидкостей и характеризуется дипольным моментом и поляризуемостью молекул. Собственная проводимость жидких диэлектриков имеет электронную и ионную составляющие. Она обусловлена автоэлектронной эмиссией с катода, электролитической диссоциацией молекул, ионизацией молекул. Электрические свойства жидких диэлектриков в значительной мере зависят от степени их очистки. Загрязнения, как правило, снижают электрическую прочность жидких диэлектриков и увеличивают проводимость за счет возрастания количества ионов и заряженных коллоидных частиц.

Проводимость жидкостей определяется ионизацией молекул и наличием в жидкости примесей. Основными примесями, уменьшающими электрическую

прочность, являются микрочастицы, микропузырьки и вода. Очистка диэлектрических жидкостей (дистилляцией, частичной кристаллизацией, адсорбцией, ионным обменом) приводит к уменьшению электропроводности и диэлектрических потерь и возрастанию электрической прочности. Электрическая прочность в значительной степени является технологической характеристикой жидкого диэлектрика и электродов, способов приготовления и эксплуатации изоляционного промежутка. На нее влияют не только те примеси, которые определяют электропроводность, но и форма и материал электродов, длительность импульса, наличие пузырьков.

Наиболее распространенными жидкими диэлектриками, применяемыми в качестве электроизоляционных материалов, являются:

- нефтяные масла — трансформаторное, конденсаторное и кабельное;
- синтетические жидкие диэлектрики — полихлордифенил (совол, совтол), кремнийорганические и фторорганические;
- растительные технические масла (касторовое, льняное, конопляное и тунговое) в электроизоляционной технике применяются ограниченно.

Нефтяные электроизоляционные масла

Нефтяные масла — слабвязкие, практически неполярные жидкости. По химическому составу представляют смесь различных углеводородов парафинового, нафтенового, ароматического и нафтенно-ароматического рядов с небольшим (до 1% масс) содержанием присадок, улучшающих их стойкость к термоокислительному старению, а также температурно-вязкостные характеристики.

Синтетические жидкие диэлектрики

Наибольшее применение получили синтетические жидкости на основе хлорированных углеводородов (совол, совтол), что связано с их высокой термической устойчивостью, электрической стабильностью, негорючестью. Однако в связи с токсичностью хлорированных углеводородов их применение сначала ограничивалось, а в настоящее время почти повсеместно запрещено.

Контрольные вопросы:

1. Диэлектрические материалы – это... ?
2. Виды твердых диэлектриков.
3. Перечислите органические диэлектрики.
4. Перечислите неорганические диэлектрики.
5. Какими свойствами обладают наиболее применяемые диэлектрики?
6. Какие материалы используются для изоляции в энергетике?
7. Какие материалы используются в качестве нагревостойкой электрической изоляции?
8. Какие материалы используются в качестве влагостойкой электрической изоляции?

9. Какие материалы используются в качестве радиационно стойкой, тропикостойкой, морозостойкой изоляции, изоляции для работы в вакууме?
10. Что относится к газообразным диэлектрикам?
11. Отрицательные свойства воздуха как диэлектрика.
12. Пьезоэлектрики – это ...?
13. Что относится к жидким диэлектрикам?
14. Наиболее распространенные жидкие диэлектрики, применяемые в качестве электроизоляционных материалов.

Практическая работа № 15-16

«Изучение структуры и свойств полупроводниковых материалов».

Цель: изучить характеристики полупроводниковых материалов.

Ход работы:

1. Изучить теоретический материал.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретический материал

Полупроводниками назвали класс веществ, у которых с повышением температуры увеличивается проводимость, уменьшается электрическое сопротивление. Полупроводники обладают промежуточными свойствами между проводниками и диэлектриками.

К полупроводникам относятся такие химические элементы, как германий, кремний, селен и многие другие твердые вещества, обладающие кристаллическим строением, окислы металлов, сернистые соединения и соединения селена.

Основным свойством полупроводников является изменение их электропроводности под действием температуры, света, давления и при наличии незначительных примесей.

Рассмотрим строение типичного полупроводника – кремния.

На внешней (валентной) оболочке кремния имеется 4 электрона, которые могут использоваться для образования связей с четырьмя соседними атомами.

Такие связи называются парноэлектронными или ковалентными. В образовании этой связи от каждого атома участвует по одному валентному электрону, которые отщепляют от атомов и при своем движении большую часть времени проводят в пространстве между соседними атомами.

С ростом температуры и освещенности кинетическая энергия валентных электронов повышается, эти связи могут разрушаться, образуя свободный электрон и "дырку". "Дырке" условно приписывается положительный заряд.

В электрическом поле они перемещаются между узлами решетки, образуя электрический ток.

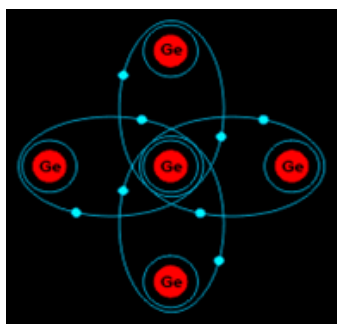


Рис. 1

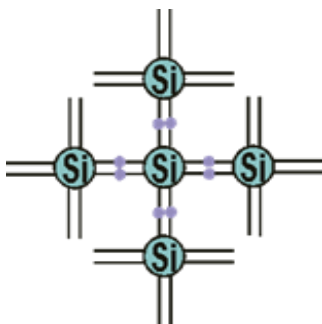


Рис. 2

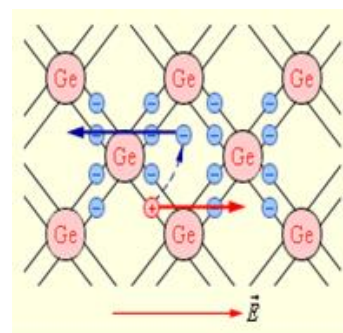


Рис. 3

В чистых полупроводниках концентрация свободных электронов и “дырок” одинаковы. Электронно-дырочная проводимость называется собственной проводимостью.

Примесная проводимость – проводимость, обусловленная образованием свободных носителей заряда при внесении примесей иной валентности.

Донорная примесь. Оказывается, что при наличии примесей, например, атомов мышьяка, даже при очень малой их концентрации, число свободных электронов возрастает во много раз. Атомы мышьяка имеют пять валентных электронов, четыре из них участвуют в создании ковалентной связи данного атома с окружающими, например, с атомами германия. Пятый валентный электрон оказывается слабо связан с атомом, легко покидает атом мышьяка и становится свободным. Концентрация свободных электронов значительно возрастает. Примеси, легко отдающие электроны называют донорными, и являются полупроводниками n-типа (от слова negative – отрицательный). В полупроводнике n-типа электроны являются основными носителями заряда, а дырки – не основными.

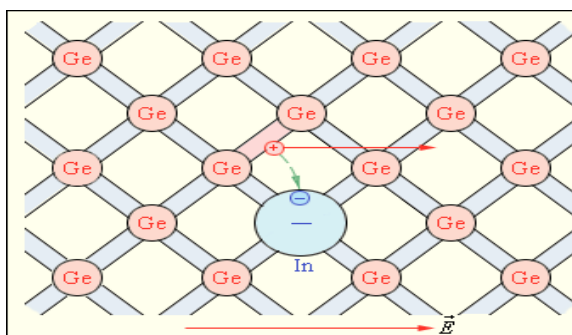


Рис. 4

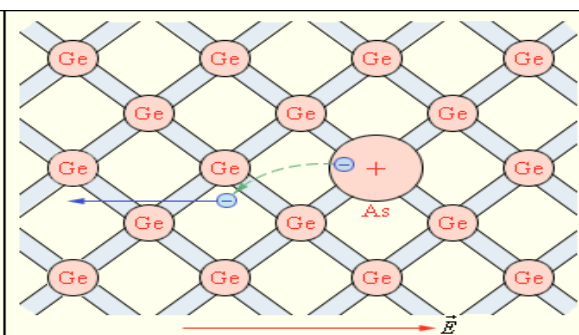
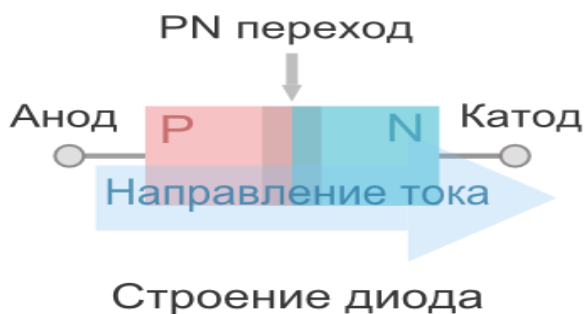


Рис. 5

Акцепторные примеси. Если в качестве примеси использовать индий, атомы которого трехвалентны, то характер проводимости полупроводника меняется. Теперь для образования нормальных парно-электронных связей с соседями атому индия не хватает электрона. В результате образуется дырка.

Число дырок в кристалле равно числу атомов примеси. Такого рода примеси называют акцепторными (принимающими). При наличии электрического поля дырки перемещаются по полю и возникает дырочная проводимость. Полупроводники с преобладанием дырочной проводимости над электронной называют полупроводниками р-типа (от слова positive — положительный).

Электронно-дырочный переход. Область на границе двух полупроводников с различными типами электропроводности называется электронно-дырочным или р-n переходом.



Этот переход не удастся получить путем механического соединения двух полупроводников различных типов, т.к. при этом получается слишком большой зазор между полупроводниками. Поэтому в одну из поверхностей образца вплавляют индий. Вследствие диффузии атомов индия в глубь монокристалла германия у поверхности германия преобразуется область с проводимостью р-типа. Между областями возникает р-n переход, который обладает свойством односторонней проводимости: если к р-области подключить «+» источника тока, а к п-области “-” источника тока, р-n-переход будет проводить электрический ток за счет основных носителей заряда. Электроны из области п пойдут в р-область, а «дырки» из р-области в п-область. В случае обратного подключения ток образован неосновными подвижными носителями заряда р- и п-областей, концентрация которых очень мала по сравнению с концентрацией основных носителей, то обратный ток оказывается значительно меньше прямого тока и очень мало зависит от обратного напряжения. Электронно-дырочный переход представляет собой *полупроводниковый диод*, обладающий способностью *п-р-перехода* пропускать ток практически только в одном направлении. Полупроводниковые диоды изготавливают из германия, кремния, селена и других веществ. В электрической схеме диод обозначается символом



При наложении электрического поля в одном направлении сопротивление полупроводника велико, в обратном - сопротивление мало.

Электронно-дырочный переход представляет собой полупроводниковый диод, обладающий способностью n - p -перехода пропускать ток практически только в одном направлении. Полупроводниковые диоды изготавливают из германия, кремния, селена и других веществ. Полупроводниковый диод применяется для выпрямления переменного тока.

Контрольные вопросы:

1. Какие элементы таблицы Менделеева являются наиболее типичными представителями полупроводников.
2. Назовите основное свойство полупроводников.
3. При каком условии полупроводники становятся хорошими диэлектриками?
4. Какие явления происходят в полупроводнике при повышении температуры?
5. Какая проводимость называется собственной?
6. Какие частицы являются основными носителями заряда в полупроводниках с донорными примесями? Какова причина их возникновения?
7. Какие частицы являются основными носителями заряда в полупроводнике с акцепторными примесями. Какова причина их возникновения?
8. Почему электронно-дырочный переход нельзя получить механическим соединением полупроводников p и n типов?
9. Каким свойством обладает p - n переход?
10. Что такое полупроводниковый диод?

Практическая работа № 17-18

«Изучение структуры и свойств проводниковых материалов».

Цель: изучить основные характеристики и свойства проводниковых материалов.

Ход работы

1. Приведите названия сечений токопроводящих жил многопроволочных кабелей, показанных на рис. 1

а — _____

б — _____

в — _____

г — _____

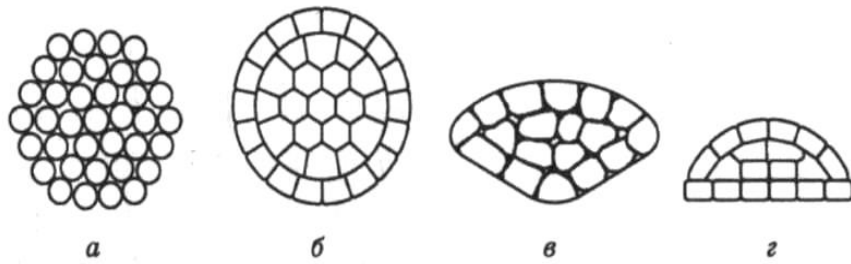


Рис.1. Сечения многопроволочных проводов.

2. Приведите названия составных частей показанного на рис. 2 установочного провода с резиновой изоляцией.

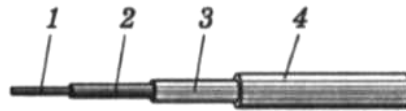


Рис. 2. Установочный провод.

- 1 - _____
- 2 - _____
- 3 - _____
- 4 - _____

3. Приведите названия составных частей показанного на рис. 3 силового бронированного кабеля в свинцовой оболочке с бумажной изоляцией жил (марка СБ).

- 1 - _____
- 2 - _____
- 3 - _____
- 4 - _____
- 5 - _____
- 6 - _____
- 7 - _____
- 8 - _____

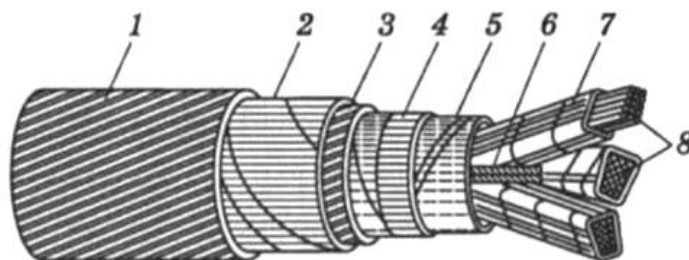


Рис.3. Силовой кабель (марка СБ)

4. Определите тип соединения монтажных проводов, показанных на рис.4

а — _____

б — _____

в — _____

г — _____

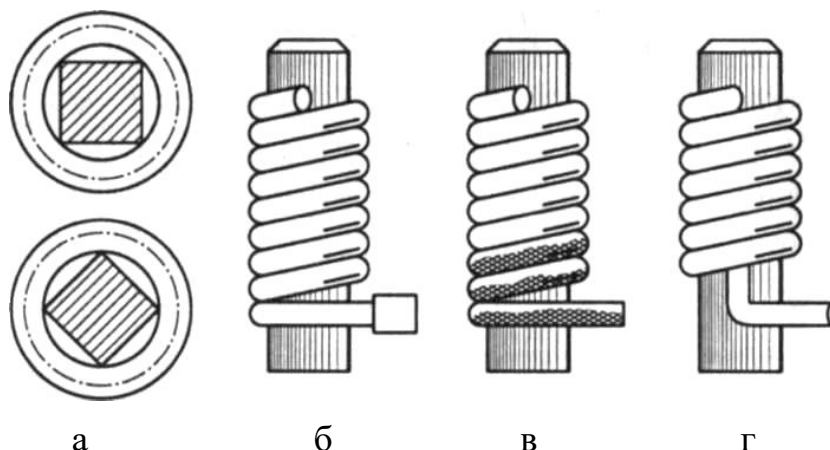


Рис. 4. Соединения монтажных проводов

5. Дайте характеристику и укажите области применения монтажных проводов

Марка провода	Характеристика	Область применения
МРГ		
ПМВ		
МГВ		
МГСЛ		

6. Укажите область применения проводниковых изделий

Проводниковые изделия	Область применения
Обмоточные провода	
Монтажные провода	
Установочные провода и шнуры	
Кабели	