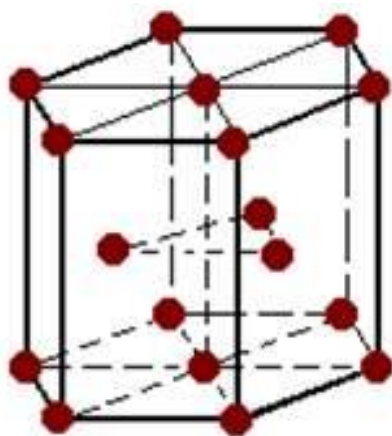


Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация)
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
университет гражданской авиации»



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания
по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы

Для студентов очного и заочного факультетов
всех специальностей и направлений подготовки

Санкт – Петербург
2020

Одобрено и рекомендовано к изданию
Учебно-методическим советом Университета

Ш87(03)

Материаловедение. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Методические указания и контрольное задание/ Университет ГА.
С- Петербург, 2020.

Издаются в соответствии с программами дисциплин "Материаловедение",
"Материаловедение и технология конструкционных материалов".

Содержат методические указания по изучению каждой темы, вопросы для контроля при самостоятельном изучении дисциплины. Приведены варианты контрольных заданий и методические указания по их выполнению.

Предназначены для студентов очного и заочного факультетов всех специальностей и направлений подготовки.

Табл. 7, рис.2, библи. 9 назв.

Составители: Д.А. Иванов канд. техн. наук, доц.
И.В. Любимов канд. техн. наук, доц.
В.Д. Михалёв канд. техн. наук, доц.
Ф.И. Ткачёв, канд. техн. наук, доц.

Рецензент Т.В Петрова, канд. техн. наук, доц.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие методические указания	4
Содержание дисциплины.....	7
Тема 1.Строение и свойства металлов и сплавов.....	9
Тема 2. Методы исследования и испытания материалов.....	15
Тема 3. Стали и чугуны.....	19
Тема 4. Методы улучшения свойств металлов и сплавов.....	26
Тема 5. Цветные металлы и сплавы.....	28
Тема 6. Специальные сплавы и стали.....	31
Тема 7. Коррозия металлов.....	33
Тема 8. Неметаллические материалы.....	36
Тема 9. Керамические и композиционные материалы.....	40
Тема 10. Технология конструкционных материалов.....	44
Методические указания по выполнению контрольной работы.....	52
Литература.....	58

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина "Материаловедение", "Материаловедение и технология конструкционных материалов" является одной из дисциплин базовой части «Профессионального цикла» (С.3).

Она базируется на дисциплинах математического и естественнонаучного цикла: «Математика», «Физика», «Химия», «Механика», «Сопротивление материалов». Студенты, изучающие дисциплину «Материаловедение и технология конструкционных материалов», должны знать основы математического анализа, тригонометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, основы информатики, общего курса физики и экологию.

Целями освоения дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» являются:

- формирование основных знаний о новых и традиционных материалах, используемых в конструкциях машин и механизмов, транспортных средствах;
- освоение студентами общих вопросов применения металлических и неметаллических конструкционных материалов, в том числе применяемых в авиации.

Для достижения студентами заочного факультета поставленных целей в рамках дисциплины необходимо:

- ознакомиться с классификацией конструкционных материалов, их строением и свойствами – механическими, физико-химическими и технологическими;
- рассмотреть особенности неметаллических материалов – пластмасс, керамики, композиционных материалов и применяемых совместно с ними уплотнительных материалов, а также стекла, лакокрасочных материалов и других;
- ознакомиться с основами теории и технологии термической и химико-термической обработки сталей и сплавов;

- рассмотреть технологические методы, позволяющие целенаправленно изменять строение и свойства материалов в заданном направлении;
- ознакомиться с влиянием на свойства материалов условий эксплуатации, с методами защиты от коррозии.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- механические, физико-химические и технологические свойства современных и перспективных материалов;
- современные методы и способы производства материалов и изделий из них ;
- строение и свойства конструкционных материалов;
- изменение свойств конструкционных материалов при эксплуатации изделий ;
- меры, предотвращающие ухудшение свойств материалов или их преждевременное разрушение ;
- методы формообразования и обработки заготовок для изготовления деталей заданной формы и качества, их технологические особенности;
- влияние условий эксплуатации изделий на структуру и свойства материалов;
- методы проведения контроля качества конструкционных материалов;
- технологию и оборудование, используемые при проведении контроля качества материала;
- современные ресурсосберегающие технологии и их влияние на интенсификацию производства, качество и повышение надежности материалов;
- перспективы развития материаловедения и технологии получения и обработки материалов;

уметь:

- оценивать влияние условий эксплуатации изделий на структуру и свойства материалов;
- проводить сравнение и анализ свойств современных и перспективных

материалов при решении профессиональных задач;

- проводить контроль качества конструкционных материалов при решении профессиональных задач;
- принимать технически обоснованные решения по выбору материалов при решении профессиональных задач;
- применять современные ресурсосберегающие технологии в своей профессиональной деятельности;

владеть:

- методами работы с различными источниками с целью ориентации в маркировке, классификации и применении конструкционных материалов;
- навыками анализа и сравнения характеристик свойств современных и перспективных материалов при решении профессиональных задач;
- методами контроля качества конструкционных материалов при решении профессиональных задач;
- создание новой авиационной техники предполагает применение материалов, обеспечивающих постоянно возрастающие требования к характеристикам воздушных судов. В конструкции современных воздушных судов используются как классические металлические материалы, так и композиционные материалы. Использование в конструкции воздушного судна неметаллических композиционных материалов существенно изменяет методы технического обслуживания и ремонта авиационной техники.

Процесс изучения дисциплины студентами заочного факультета состоит из нескольких этапов. Первый – самостоятельное изучение каждой темы. Помимо методических указаний в каждой теме данного пособия рассмотрены наиболее значимые теоретические вопросы. Объем методических указаний не предполагает наличие всего материала по дисциплине. Для его изучения необходимо воспользоваться учебниками и другой дополнительной литературой. Могут быть использованы многие учебники для высших учебных заведений технических специальностей, как изданные, так и их электронные версии.

Степень усвоения материала может быть выяснена при ответах на контрольные вопросы. По результатам изучения теоретических вопросов студентом выполняется контрольная работа. Методические указания по ее выполнению и вариант задания приведены в приложении. Контрольная работа рецензируется в период сессии.

Кроме самостоятельного изучения материала для студентов в университете проводятся обзорные лекции. Во время сессии студенты обязаны выполнить лабораторные работы.

Студенты могут получать от преподавателей письменную или устную консультацию по интересующим их вопросам данного курса.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материалы и их роль в развитии общества. Краткие сведения о развитии металловедения. История развития неметаллических материалов. Развитие технологии изготовления и обработки материалов. Перспективные материалы.

Очень важно понимать развитие материалов в историческом аспекте. Появление новых материалов и технологий оказывало существенное, а часто решающее влияние, как на развитие производственных сил, так и на формирование производственных отношений. В наименованиях больших исторических периодов содержатся названия металлов: "бронзовый век", "железный век".

С древнейших времен и в наше время основными конструкционными материалами являются сплавы на основе железа – стали и чугуны. Сталь и чугун - важнейшие продукты черной металлургии, являющиеся материальной основой практически всех отраслей промышленности.

Сплавы на основе цветных металлов широкое применение получили после разработки дешевых методов их получения. Легкие и прочные конструкционные материалы на основе алюминия, магния, титана широко

применяются в авиационных конструкциях. Неметаллические конструкционные материалы постоянно совершенствуются. Благодаря уникальному сочетанию физико-химических и механических свойств они применяются в различных областях техники

Сталь как материал имеет многовековую историю. Наиболее древний способ получения стали – сыродутный процесс, в основе которого лежало восстановление железа из руд древесным углем в горнах. Для получения литой стали в древности применяли тигельную плавку – расплавление мелких кусков стали и чугуна в огнеупорных тиглях. Тигельная сталь имела весьма высокое качества, но процесс был дорогим и малопроизводительным. Таким способом изготавливали в частности, булат и его разновидность – дамасскую сталь.

В 14 веке возник кричный передел, заключающийся в рафинировании предварительно полученного чугуна в кричном горне. В конце 18 века начало применяться пудлингование, при котором, как и при кричном переделе, исходным материалом был чугун, а продуктом тестообразный металл (крица). Пудлингование сыграло важную роль в развитии техники, однако обеспечить все возрастающие потребности общества в стали не могло.

Двухстадийный процесс с получением чугуна и последующим его переделом в сталь является основой современных схем производства стали. Массовое производство литой стали стало возможным с появлением во 2-й половине 19 века бессемеровского и мартеновского процессов, а затем томасовского процесса. Выплавка стали в электрических печах началась в конце 19 века. Однако до середины 20 века на долю мартеновского процесса приходилось до 80% выплавляемой стали в мире. В 50 годы прошлого века был внедрен кислородно – конверторный процесс, роль которого постоянно возрастала (в 70 – х годах более половины получаемой стали).

Наряду с развитием способов массового производства стали, развиваются способы, позволяющие получить особо чистый металл высокого качества: электрошлаковый переплав, электроннолучевая плавка, плазменная плавка и другие.

Тема 1. Строение и свойства металлов и сплавов

Общая характеристика металлов и сплавов. Строение металлов, диффузионные процессы в металле. Кристаллическое строение металлов. Формирование структуры металлов и сплавов при кристаллизации. Пластическая деформация, влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла. Дефекты строения кристаллических решеток. Сплавы. Характеристики основных фаз в сплавах. Диаграммы состояния сплавов.

Твердые растворы. Диаграммы состояния сплавов. Основные типы диаграмм состояния.

В качестве конструкционных материалов и совместно с ними применяются металлы (элементарные металлы), сплавы; неметаллические материалы: пластмассы, керамика; твердые сплавы; композиционные материалы на основе металлов, полимеров и керамики. Находят применение и такие материалы как стекло, резина, дерево, ткани.

Основные признаки металлов (элементарных):

- высокая пластичность;
- хорошая отражательная способность;
- высокая теплопроводность;
- высокая электропроводность;
- рост электросопротивления при повышении температуры.

Необходимо обратить внимание на то, что элементарные металлы обладают недостаточно высокими механическими свойствами – прочностью, твердостью. Изменить эти свойства чистых металлов можно, но незначительно. Поэтому первый сплав, полученный человеком – бронза, дал название целой эпохе.

Сплав – материал, полученный путем сплавления компонентов или спекания порошков двух или нескольких металлов или металлов с неметаллами. Механические свойства сплава отличаются свойств его основы – металла. Прочность и твердость выше, а пластичность меньше. Главным

достоинством сплава является возможность целенаправленно, предсказуемо влиять на комплекс его механических свойств – легированием, термической обработкой, химико-термической обработкой и другими методами. Общим для металлов и сплавов является кристаллическое строение – наличие кристаллической решетки.

Сплавы получают сплавлением, методами порошковой металлургии (спеканием), диффузионным методом, плазменным напылением, кристаллизацией из вакуума, электролизом и т. д.

Основные фазы сплавов: твердый раствор, механическая смесь, интерметаллиды. Компоненты сплава могут образовать химические соединения.

Деление металлических материалов на элементарные металлы и сплавы, по сути, является классификацией по определенному признаку. Она достаточно условна из-за присутствия в технически чистых металлах примесей. Вариантов более подробной классификации металлов и сплавов у металловедов много. Как вариант, деление металлических материалов на черные металлы и их сплавы (стали и чугуны) и цветные металлы и их сплавы (остальные металлы).

Из цветных металлов можно выделить основные группы, такие как:

- легкие металлы Mg, Be, Al, Ti с плотностью до 5 г/см^3 ,
- тяжелые металлы Pb, Mo, Ag, Au, Pt, W, Ta, Ir, Os с плотностью, превышающей 10 г/см^3 ;
- легкоплавкие металлы Sn, Pb, Zn с температурой плавления 232; 327; 410°C соответственно;
- тугоплавкие металлы W, Mo, Ta, Nb с температурой плавления выше, чем у железа ($>1536^\circ\text{C}$);
- благородные металлы Au, Ag, Pt с высокой устойчивостью против коррозии.

Основой примерно 80% сплавов являются четыре металла; железо, алюминий, магний и титан. В таблице 1 приведены основные физические свойства и тип кристаллической решетки этих металлов. Кристаллическое

строение предполагает наличие ближнего и дальнего порядка, но есть и металлическое стекло — аморфный сплав, получаемый при больших скоростях охлаждения $10^7 - 10^8$ °C/с. Металлы могут быть переохлаждены до нормальной температуры без кристаллизации, его структура - плотная хаотическая упаковка твердых шаров (ПХУТШ).

Таблица 1.

Металлы – основа сплавов

Материал (сплав)	Основа - металл	Плотность, г/см ³	Температура плавления основного металла, °C	Тип крист. решетки
Сталь, чугун	железо	7,87	1539	ОЦК до 911°C, ГЦК
Алюминиевые сплавы	алюминий	2,70	660	ГЦК
Магниеые сплавы	магний	1,74	649	ГП
Титановые сплавы	титан	4,51	1668	α – ГП до 882, β - ОЦК
Бериллиевые сплавы	бериллий	1,848	1287	

В таблице 2 приведены параметры основных типов кристаллических решеток.

Таблица 2.

Основные типы кристаллической решетки Таблица 2.

Тип решетки	Количество атомов в ячейке	Параметр (период) решетки	Координационное число (плотность кр. решетки)	Коэффициент заполнения	металл
ОЦК	9	a - длина ребра куба	8	68%	
ГЦК	14	a	12	74%	
ГП	17	c/a	12	74%	

Координационное число: ОЦК – 8; ГЦК – 12; ГП – 12.

Число фаз не может быть больше, чем число компонентов +1.

Строение и свойства определяют области применения соответствующих металлов и сплавов на их основе. Свойство — это количественная или качественная характеристика материала, определяющая его общность или различие с другими материалами. Различают физические, химические, эксплуатационные, технологические и стоимостные свойства.

Эксплуатационные свойства определяют работоспособность деталей машин и механизмов, в первую очередь, это механические свойства. Реакция материала на внешние нагрузки определяется его **прочностью, твердостью, пластичностью, упругостью, жесткостью.**

Работоспособность зависит и от сопротивления воздействию химически активной рабочей среды. Если такое воздействие становится значительным, то определяющими становятся физико-химические свойства: жаростойкость, коррозионная стойкость.

Для ряда материалов имеют значение **физические свойства**, характеризующие поведение в различных полях: магнитных, высокой энергии или радиации) магнитные, теплофизические , радиационные.

Стоимость материала оценивает эффективность его использования. Ее показатель — оптовая цена — стоимость единицы массы материала в виде заготовок, слитков, порошка.

При анализе свойств материалов представляют интерес плотность, теплоемкость, магнитные свойства, тепловое расширение и другие.

Например, плотность максимальна у осмия 22, 4г/см³, минимальна у лития — 0, 534. Эти отличия сказываются на плотностях сплавов. Легирование металлом более тяжелым, чем основа — увеличивает плотность сплава, более легким — уменьшает. Пористость материала уменьшает плотность. Чем меньше плотность, тем ниже динамические нагрузки на детали и меньше расход энергии на эксплуатацию.

Тепловое расширение учитывают при расчете прессовых посадок, сварке и пайке разнородных материалов, изготовление аппаратуры из двухслойных сталей и ее эксплуатации, при выборе клеев.

Магнитные свойства материалов влияют на возможность применения методов неразрушающего контроля. Как минимум нужно обратить внимание на металлы, обладающие ферромагнитными свойствами, это железо, кобальт, никель, гадолиний.

Удельное электросопротивление проводников: в сплавах со структурой твердых растворов при 20 градусах Цельсия в зависимости от состава изменяется по нелинейной зависимости согласно правилу Курнакова. При образовании смесей фаз электросопротивление растет по закону сложения.

До изучения раздела «технология конструкционных материалов» необходимо ознакомиться с основными технологическими свойствами:

Обрабатываемость металла резанием – способность материала обрабатываться резцом или абразивом, оценивается скоростью затупления резца при точении на заданных режимах резания с обеспечением заданных параметров шероховатости поверхности. Показатель выражается в % от обрабатываемости стали 45.

Деформируемость, ковкость, обрабатываемость давлением, пластичность - способность обрабатываться давлением в горячем и холодном состоянии без признаков разрушения.

Свариваемость – способность металлов образовывать сварное соединение, свойства сварного шва которого близки к свойствам основного металла. **Литейные свойства** определяются совокупностью показателей (температурами плавления, кипения, заливки и кристаллизации; плотностью и жидкотекучестью расплава; литейной усадкой и др.). Оптимальные показатели позволяют получать отливки без внутренних и внешних дефектов.

- **жидкотекучесть** - способность хорошо заполнять литейную форму, воспроизводя ее рельеф. Показатель длина спиральной канавки в см.

- **усадка при кристаллизации** – причина образования усадочных раковин усадочной пористости;

- **ликвации** – неоднородность химического состава сплава.

Паяемость – способность образовывать неразъемные соединения с помощью промежуточного сплава, температура плавления которого меньше, чем у соединяемых деталей.

Незакаливаемость – способность не изменять свои свойства после нагревания и резкого охлаждения

Прокаливаемость – характеризуется критическим диаметром образца, который закаливается по всему объему (насквозь).

Упрочняемость металлов и сплавов определяется способностью материала приобретать более высокую прочность после термической или механической обработки.

Кристаллическое строение металлов и сплавов определяет их свойства. Следует обратить внимание на то, что несмотря на многообразие типов кристаллических решеток, у широко применяемых металлов преобладают всего 3...4 типа.

Дефекты кристаллических решеток существенно влияют на механические свойства металлов. Именно дефекты кристаллической решетки определяют большое расхождение теоретической и практической прочности металлов. Так, теоретическая прочность железа составляет около 13000 МПа, а фактическая только 250 МПа.

В жидком состоянии компоненты сплава обычно неограниченно растворяются друг в друге. В твердом состоянии компоненты могут образовывать химические соединения, механические смеси и твердые растворы. Этим вопросам следует уделить повышенное внимание, так как это трудно усваиваемые понятия. Практически полное представление о строении сплава, его критическим точкам дают диаграммы состояния. Несмотря на то, что они получены экспериментальным путем, диаграммы состояния являются теоретической базой при разработке новых материалов.

Внимательно рассмотрите типы диаграмм состояния: методы их построения, назначение, практическую значимость.

Контрольные вопросы

1. Классификация конструкционных материалов.
2. Физические свойства конструкционных материалов: плотность, теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение.
3. Физические свойства конструкционных материалов: магнитные свойства, электрические свойства.
4. Кристаллическое строение металлов, типы кристаллических решеток.
5. Дефекты строения кристаллических решеток.
6. Аллотропия. Практическое использование свойства.
7. Сплавы, основные фазы в сплавах.
8. Твердые растворы внедрения, замещения.
9. Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов, использование.
10. Компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом.
11. Фазовый состав и превращения в железоуглеродистых сплавах - анализ диаграммы состояния железо-углерод при содержании углерода до 2, 14% (стали).
12. Фазовый состав и превращения в железоуглеродистых сплавах - анализ диаграммы состояния железо-углерод при содержании углерода в диапазоне 2, 14%. – 6,67%(чугуны).

Тема 2. Методы исследования и испытания материалов.

Механические, физико-химические и технологические свойства материалов. Испытания механических свойств. Металлографический метод исследования. Методы неразрушающего контроля материалов.

Реакция материала на внешние нагрузки определяется его механическими свойствами: **прочностью, твердостью, пластичностью, упругостью, жесткостью**. Показателям этих свойств и методам их определения следует уделить особое внимание. Более глубокому усвоению этого материала помогут лабораторные работы.

Свойства материала меняются в процессе эксплуатации всех технических

устройств. Выявить эти изменения в какой то степени позволяют неразрушающие методы контроля. Поэтому важно изучить физические основы каждого метода и его технические возможности.

Действие нагрузки вызывает в материале деформации: упругие - обратимые; пластические – необратимые, изменяются форма размеры и свойства, но не разрушаются. Виды деформации: растяжение, сжатие, изгиб, кручение, срез

Механические свойства – это реакция на внешние механические воздействия (удар, растяжение, изгиб, и т. д.). Количественно каждое из механических свойств оценивается показателями, определяемыми по результатам испытаний. Классификация механических свойств материалов и их показателей приведена в табл.5

Прочность - свойство материала сопротивляться разрушению, а также возникновению остаточной деформации. В зависимости от характера внешнего воздействия различают статическую прочность , динамическую прочность; циклическую прочность и жаропрочность. С учетом этого комплекс показателей прочности наиболее объемён.

Твердость - свойство материала оказывать сопротивление деформации в поверхностном слое при местных контактных воздействиях.

Пластичность - свойство материала необратимо изменять форму без разрушения.

Упругость - свойство материала восстанавливать первоначальную форму, искаженную внешним воздействием, после прекращения этого воздействия.

Жесткость - свойство материала оказывать сопротивление упругой деформации. Разработано большое количество методов исследования как микро, так и макроструктуры материалов, с основными из них следует познакомиться.

Классификация механических свойств и их показателей представлена на рис.1.

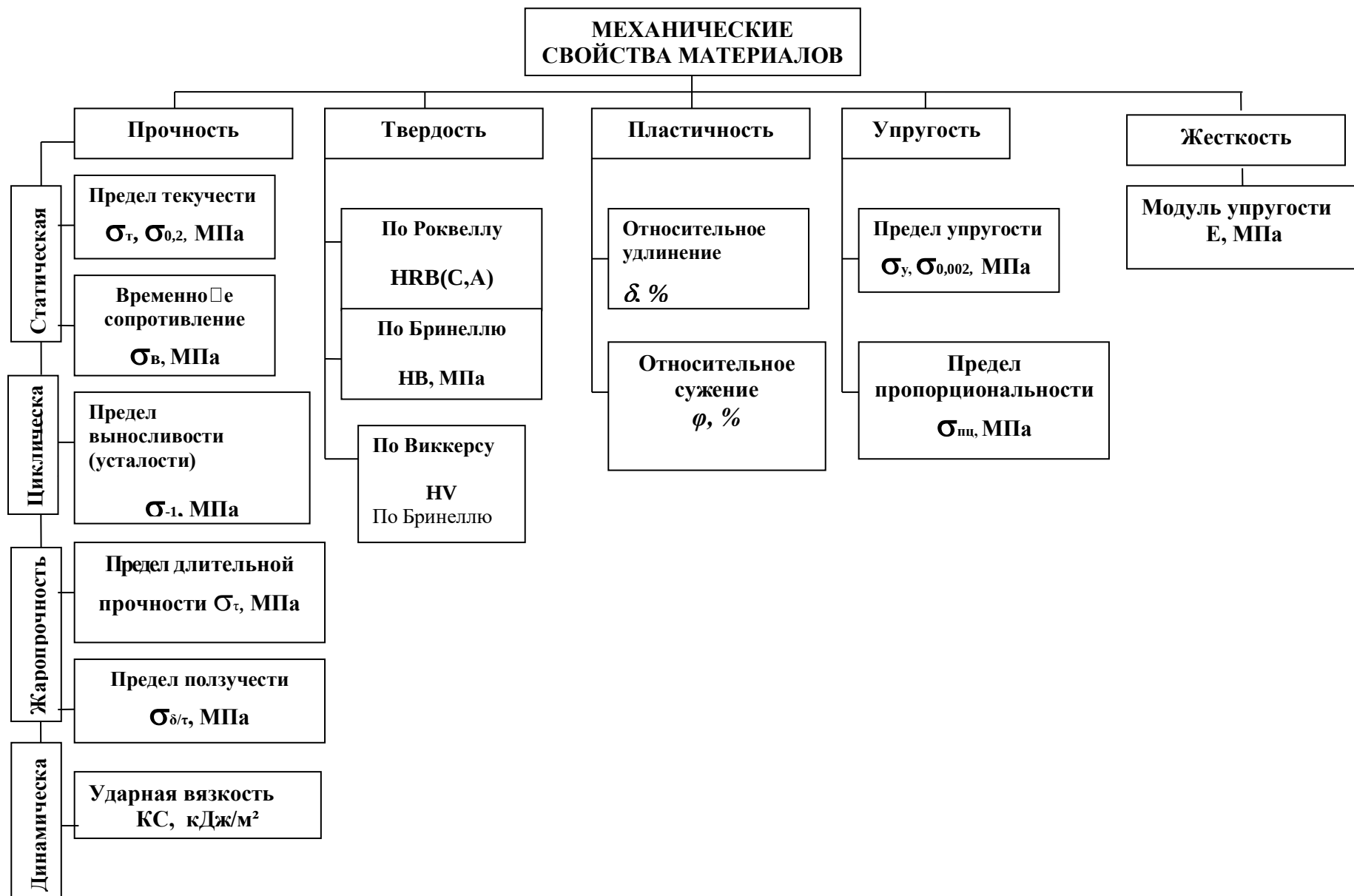


Рис. 1 Классификация механических свойств и их показателей.

Определение показателей

Предел текучести физический σ_T - напряжение, при котором происходит значительная деформация материала без заметного увеличения нагрузки.

Предел текучести условный $\sigma_{0,2}$ - напряжение, при котором остаточное удлинение составляет 0,2% первоначальной длины образца.

Временное сопротивление - максимальное напряжение, предшествующее разрушению образца при испытании на растяжение.

Предел выносливости (усталости) - максимальное напряжение, при котором материал выдерживает без разрушения заданное число циклов.

Предел длительной прочности - напряжение, которое вызывает разрушение образца при данной температуре через определенное время.

Предел ползучести - напряжение, которое за определенное время при данной температуре вызывает заданное относительное удлинение.

Ударная вязкость - работа, затраченная при динамическом разрушении образца, отнесенная к площади поперечного сечения в месте излома.

Твердость по Роквеллу - глубина вдавливания шарика или конуса; по Бринеллю - отношение нагрузки к площади отпечатка вдавленного шарика, по Виккерсу - отношение нагрузки к площади поверхности пирамидального отпечатка.

Относительное удлинение - приращение единицы длины образца в процентах.

Относительное сужение - уменьшение единицы площади образца в процентах.

Предел упругости - напряжение, при котором величина остаточной деформации составляет 0,002% начальной длины образца.

Предел пропорциональности - максимальное напряжение, до которого деформация материала пропорциональна нагрузке.

Модуль упругости (жесткости, модуль Юнга) - отношение напряжения к относительному удлинению в зоне упругой деформации (тангенс угла наклона прямой растяжения).

Необходимо рассмотреть методы испытаний используемые при определении основных показателей механических свойств. Испытания образцов материала на растяжение, испытания по определению ударной вязкости, твердости материала и его пластичности.

Контрольные вопросы.

13. Цель и методы исследования макроструктуры материала, виды изломов.
14. Основные методы исследования микроструктуры металла.
15. Механические свойства материалов.
16. Статическая прочность, показатели, методы определения.
17. Динамическая прочность, показатели, методы определения.
18. Прочность циклическая, показатели, методы определения.
19. Жаропрочность, показатели, методы определения.
20. Твердость, показатели, методы определения.
21. Пластичность, показатели, методы определения.
22. Упругость, жесткость: показатели, методы определения.
23. Капиллярная дефектоскопия.
24. Магнитные методы контроля.
25. Акустические методы контроля.
26. Контроль методами вихревых токов.
27. Радиационные методы контроля.

Тема 3. Стали и чугуны

Общая характеристика железа и его сплавов. Влияние углерода и примесей на свойства стали. Легированные стали. Конструкционные стали. Инструментальные стали. Разновидности чугунов, их свойства.

В технике широко применяются железоуглеродистые сплавы – стали и чугуны. Границей раздела между сталью и литейным чугуном является массовая доля углерода.

Сталь – это сплав железа с углеродом, в котором массовая доля железа больше, чем массовая доля какого-либо другого элемента, а массовая доля

углерода составляет менее 2%, и в состав которого входят также и другие химические элементы.

У небольшого количества хромистых сталей массовая доля углерода может превышать 2%.

Металлургическое производство – это комплекс предприятий, охватывающий процессы от добычи и подготовки сырья, топлива до выпуска проката черных металлов и их сплавов. Производство стали состоит из доменной выплавки чугуна и различных способов его последующего передела в сталь. Необходимо ознакомиться со способами получения стали в кислородных конверторах, в мартеновских печах, в электропечах.

Небольшое количество качественных сталей получают в результате прямого передела железа из руды и последующей плавки в электропечах.

Черная металлургия служит основой развития машиностроения. Завершающим этапом производства стали является получение заготовок, сортового проката, труб, листового проката, проволоки и т. д.

Переделу в сталь подвергается около 80% перепельного чугуна.

Чугун более дешев, чем сталь и используется как литейный сплав с содержанием углерода 2...4%. Необходимо ознакомиться со свойствами, структурой, классификацией литейных чугунов и их маркировкой.

В зависимости от состояния углерода в чугуне, различают: белые, серые, высокопрочные, ковкие чугуны и чугуны с вермикулярным графитом.

Белыми называют чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита (карбид железа).

В остальных видах чугунов (серые, высокопрочные, ковкие, с вермикулярным графитом) углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в виде графита.

В **серых** чугунах – в пластинчатой или червеобразной форме; в **высокопрочных** – в шаровидной форме, в **ковких** – в хлопьевидной форме. Чугуны с **вермикулярным графитом** имеют две формы графита – шаровидную (до 40%) и вермикулярную (в виде мелких тонких прожилок).

Чугуны маркируют двумя буквами, обозначающих разновидность чугуна, и двумя цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления σ_b при растяжении в МПа $\cdot 10^{-1}$. Серый чугун обозначают буквами "СЧ" (ГОСТ 1412-85), высокопрочный - "ВЧ" (ГОСТ 7293-85), ковкий - "КЧ" (ГОСТ 1215-85), чугун с вермикулярным графитом – ЧВГ (ГОСТ 28384 - 89):

СЧ 10 - серый чугун с пределом прочности при растяжении 100 МПа;

ВЧ 70 - высокопрочный чугун с пределом прочности при растяжении 700 МПа;

КЧ 35 - ковкий чугун с пределом прочности при растяжении 350 МПа;

ЧВГ 40 – чугун с вермикулярным графитом с пределом прочности при растяжении 400 МПа.

Стали подразделяются по химическому составу на углеродистые (нелегированные), нержавеющей и другие легированные стали. Свойства стали зависят от содержания углерода, примесей и легирующих компонентов.

Градации качества зависят от содержания серы и фосфора.

Различают стали:

- обычного качества;
- качественные;
- высококачественные;
- особо высококачественные.

Свойства нелегированной стали существенно зависят от содержания углерода и примесей. Необходимо рассмотреть их влияние на показатели механических свойств, а также изучить маркировку углеродистых и легированных сталей.

Углеродистую сталь обыкновенного качества изготавливают следующих марок: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп.

Буквы "Ст" обозначают "Сталь", цифры - условный номер марки в зависимости от химического состава, буква "Г" - марганец при его массовой

доле в стали 0,80 % и более, буквы "кп", "пс", "сп" - степень раскисления стали: "кп" - кипящая, "пс" - полуспокойная, "сп" - спокойная.

Качественные углеродистые стали маркируют следующим образом:

1) в начале марки указывают содержание углерода в сотых долях процента (цифра соответствует его средней концентрации) для сталей конструкционных:

10кп – сталь углеродистая качественная, кипящая, содержит 0,1% углерода;

80 - сталь углеродистая качественная, спокойная, содержит 0,8% углерода;

2) в десятых долях процента для инструментальных сталей, которые дополнительно снабжаются буквой "У",:

У7 – углеродистая инструментальная, качественная сталь, содержащая 0,7% углерода, спокойная (все инструментальные стали хорошо раскислены);

У10 - углеродистая инструментальная, качественная сталь, спокойная содержит 1,0% углерода;

Легированные стали классифицируют по химическому составу, по количеству легирующих компонентов, по назначению и свойствам. Классификация подробно изложена в соответствующих нормативных документах – ГОСТах.

Легированные стали могут быть нержавеющейими - это стали с минимальной массовой долей хрома 10,5% и максимальной массовой долей углерода 1,2%.

Примечание. У ограниченного количества легированных нержавеющейими сталей допускается минимальная массовая доля хрома 7,5%.

Другие легированные стали - это стали, которые по определению не являются нержавеющейими, но отличаются тем, что у них массовая доля, как минимум, одного легирующего химического элемента соответствует установленным предельным значениям.

Для получения особых свойств стали в нее намеренно вводят один или несколько химических элементов, включая серу, фосфор, азот. При введении

двух легирующих элементов (кроме марганца) суммарное значение разбегов нормируемых массовых долей легирующих элементов должно быть не менее 0,40%, при введении трех и более легирующих элементов суммарное значение разбегов - не регламентируется.

Легированные нержавеющие стали подразделяются по следующим категориям:

а) по массовой доле никеля:

- 1) менее 2,5%;
- 2) 2,5% и более;

б) по основным свойствам:

- 1) коррозионно-стойкие;
- 2) жаростойкие;
- 3) жаропрочные.

Легированная качественная сталь предназначена для термической или термомеханической обработки, а также химико-термической обработки.

Легированные качественные стали обычно не предназначены для закалки и отпуска или поверхностной закалки.

К легированным специальным сталям относятся конструкционные легированные стали для машиностроения и стали для сосудов, работающих под давлением, подшипниковые стали, инструментальные стали, быстрорежущие стали. Стали с особыми физическими свойствами, такие как ферритные никелевые стали с регулируемым коэффициентом расширения или стали, отличающиеся особыми показателями электрического сопротивления.

Основными легирующими компонентами в конструкционных сталях являются хром, никель, кремний и марганец. Для дополнительного улучшения могут использоваться вольфрам, молибден, ванадий, титан, бор. Целесообразно рассмотреть их влияние на свойства стали.

Содержание легирующих элементов должно быть оптимальным, а их количество может достигать до 20 и более.

В обозначении марок легированных сталей первые две цифры указывают

среднюю массовую долю углерода в сотых долях процента (конструкционные стали) или десятых (инструментальные стали) долях, буквы за цифрами означают: Р - бор, Ю - алюминий, С - кремний, Т - титан, Ф - ванадий, Х - хром, Г - марганец, Н - никель, М - молибден, В - вольфрам. Цифры, стоящие после букв, указывают примерную массовую долю легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает, что в марке содержится до 1,5% этого легирующего элемента. Буква А в конце наименования марки обозначает "высококачественная сталь". "Особовысококачественная" сталь обозначается буквой Ш через тире в конце наименования марки. Например, качественная - 30ХГС; высококачественная - 30ХГСА; особовысококачественная - 30ХГС-Ш, 30ХГСА-Ш.

Используются также марки, соответствующие ранее действующим ГОСТ 4543-61 и техническим условиям.

Необходимо обратить внимание на различие символов одного и того же легирующего элемента в марках сталей и сплавов на основе цветных металлов (ГОСТ4543-71).

Таблица 3

Условные обозначения основных элементов в марках металлов и сплавов.

(ГОСТ 4543-71)

Элемент	Символ	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов		Элемент	Символ	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов	
		черных	Цветных			черных	цветных
Азот	N	А	-	Неодим	Nd	-	Нм
Алюминий	Al	Ю	А(АЛ)	Никель	Ni	Н	Н
Барий	Ba	-	Бр	Ниобий	Nb	Б	Нб
Бериллий	Be	Л	-	Олово	Sn	-	О

Продолжение таблицы 3

Бор	B	P	-	Осмий	Os	-	Ос
Ванадий	V	Ф	Вам(ВиМ, (Вэл)	Палладий	Pd	-	Пд
Висмут	Bi	Ви	Ви	Платина	Pt	-	Пл
Вольфрам	W	В	В	Празеодим	Pr	-	П(Пр)
				РЗМ	Ч		
Гадолиний	Gd	-	Гм	Рений	Re	-	Ре
Галлий	Ga	Гл	Гл	Родий	Rh	-	Рд
Гафний	Gf	-	Гф(ГФМ), ГФИ)	Ртуть	Hg	-	Р
Германий	Ge	-	Г	Рутений	Ru	-	Ру
Гольмий	Ho	-	ГОМ	Самарий	Sm	-	Сам
Диспрозий	Dy	-	ДИМ	Свинец	Pb	-	С
Европий	Eu	-	Ев	Селен	Se	Е	Ст
Железо	Fe	-	Ж	Серебро	Ag	-	Ср
Золото	Au	-	Зл	Скандий	Sc	-	Скм
Индий	In	И	Ин	Сурьма	Sb	-	Су
Иридий	Ir	-	И	Таллий	Tl	-	Тл
Иттербий	Yb	-	Итм	Тантал	Ta	-	ТТ
Иттрий	Y	-	Им(Ум)	Теллур	Te	-	Т
Кадмий	Cd	Кд	Кд	Тербий	Tb+	-	Тем
Кобальт	Co	К	К(Ко)	Титан	Ti	Т	Ти
Кремний	Si	С	Кр (К)	Тулий	Tm	-	ТУМ
Лантан	La	-	Ла	Углерод	C	У	-
литий	Li	-	Лэ	Фосфор	P	П	Ф
Лютеций	Lu	-	Люм	Хром	Cr	Х	Х(Хр)
Магний	Mg	Ш	Мг	Церий	Ce	-	Се
Марганец	Mn	Г	Мц(Мр)	Цинк	Zn	-	Ц
Медь	Cu	Д	М	Цирконий	Zr	Ц	ЦЭВ
молибден	Mo	М	-	Эрбий	Er	-	Эрм
Мышьяк	As		Мш				
				Торий	Th		

Контрольные вопросы.

28. Влияние углерода и примесей на свойства стали.
29. Легирующие компоненты, влияние на свойства сплавов.
30. Углеродистые стали, классификация.
31. Легированные стали, классификация.
32. Инструментальные стали.
33. Чугуны: состав, свойства, применение.

Тема 4. Методы улучшения свойств металлов и сплавов

Легирование. Поверхностное упрочнение. Теория и технология термической обработки. Виды термической обработки. Химико-термическая обработка. Термомеханическая обработка.

Использование в сплавах легирующих элементов – металлов или неметаллов, позволяет существенно изменить их свойства. Легированной стали по сравнению с углеродистой; свойства сплавов на основе цветных металлов по сравнению со свойствами основы – элементарного металла. Однако, основным достоинством сплавов является возможность существенного изменения свойств путем термической обработки. При термической обработке изменяются механические, физические и физико-химические свойства в результате изменения внутреннего строения сплавов.

Возможности использования термической обработки элементарных металлов ограничены. Влияние термической обработки на механические свойства некоторых конструкционных металлов и сплавов можно иллюстрировать следующими примерами.

Рекристаллизационный отжиг холоднокатаной меди снижает предел прочности материала с 400 до 220 МПа, при этом относительное удлинение увеличивается с 3 до 50%.

Отожженная сталь У8 имеет твердость по Бринеллю 186 единиц, а **после закалки** – свыше 650 единиц.

Предел прочности дюралюминия Д16 после **отпуска, закалки, старения** соответственно 200, 300 и 450 МН/М².

У бериллиевой бронзы БрБ2 предел упругости после **закалки** 120, а после **старения** 680 МН/М².

Термической обработкой называют технологические процессы, состоящие из нагрева и последующего охлаждения металлических заготовок и изделий с целью изменения их структуры и свойств. Этот метод улучшения механических свойств материалов предполагает знание особенностей диаграмм состояния, наличия полиморфизма. Различают предварительные и окончательные виды термической обработки. Основные виды:

- отжиг;
- закалка;
- отпуск;
- старение.

Их разновидности позволяют целенаправленно изменять структуру и свойства большинства сплавов. Для сталей это полный и неполный отжиг; полная и неполная закалка; нормализация; разновидности отпуска – низкий, средний, высокий; улучшение (полная закалка с высоким отпуском).

При термической обработке температура нагрева, скорость нагрева и охлаждения зависят от состава сплава и конкретной разновидности термической обработки.

По данной теме необходимо ознакомиться с особенностями термической обработки углеродистых сталей, а также с влиянием основных легирующих компонентов. Для сплавов цветных металлов можно ограничиться анализом закономерностей термической обработки алюминиевых сплавов.

Химико-термическая обработка (ХТО) - процесс изменения химического состава, микроструктуры и свойств поверхностного слоя детали. Это основной способ поверхностного упрочнения. В данном вопросе необходимо рассмотреть основные разновидности ХТО. Для диффузионного насыщения неметаллами это цементация, азотирование, цианирование и нитроцементация, оксидирование, борирование; для диффузионной металлизации (насыщения поверхностного слоя металлами) – алитирование, хромирование,

силицирование.

В основе ХТО лежат процессы диссоциации, адсорбции, диффузии. Для каждого вида ХТО изучаются особенности подвергающихся обработке материалов, глубину и характер изменение свойств поверхностного слоя, а также технологию процесса. Кратко рассматриваются другие методы. Поверхностного упрочнения: поверхностная закалка, упрочнение за счет пластической деформации поверхностного слоя.

Контрольные вопросы

34. Полный и неполный отжиг стали, нормализация; назначение, влияние на структуру и свойства.
35. Полная и неполная закалка стали, влияние на структуру и свойства.
36. Разновидности отпуска, влияние на структуру и свойства.
37. Улучшение, влияние на структуру и свойства стали.
38. Термическая обработка сплавов с переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
39. Химико-термическая обработка: цементация.
40. Химико-термическая обработка: азотирование.
41. Химико-термическая обработка: цианирование, нитроцементация.
42. Химико-термическая обработка: оксидирование.
43. Химико-термическая обработка: алитирование.
44. Химико-термическая обработка: диффузионное насыщение хромом.
45. Химико-термическая обработка: силицирование.
46. Методы поверхностного упрочнения пластическим деформированием.

Тема 5. Цветные металлы и сплавы

Применение цветных металлов и сплавов в авиации. Алюминий и его сплавы. Магний и его сплавы. Титан и его сплавы. Медь и ее сплавы.

Цветные металлы и сплавы на их основе широко применяются в технике: преобладают алюминий и его сплавы, магниевые сплавы, титан и его сплавы,

медь и ее сплавы. В конструкции планера магистральных воздушных судов доля стали около 10%, алюминиевых и магниевых сплавов – до 20 %. Доля титановых сплавов существенно увеличилась и составляет ~ 20%. Значительно увеличилось применение неметаллических композиционных материалов ~ 50%, соответственно, остальные конструкционные материала ~ 5%.

При изучении этой темы для каждого металла необходимо ознакомиться с технологией его получения, свойствами, классификацией сплавов их маркировкой и областями использования. Производством цветных металлов и сплавов на их основе занимается отрасль промышленности цветная металлургия. В цветной металлургии наиболее энергоемкими являются алюминиевое, медное, никелевое, свинцово - цинковое и титаномagneйное производства. Например, для получения 1 т алюминия (включая производство глинозема) необходимо израсходовать примерно 9 т условного топлива, никеля — 13,4 т, цинка — 2 т, меди — 1,4 т, свинца — 0,9 т.

При производстве алюминия основными рудами являются - бокситы, нефелины, алуниты; для магния - карналлит, магнезит, доломит; для меди — куприт, малахит.

Для алюминиевых сплавов используются буквенно-цифровая и цифровая маркировки. В качестве примера (см.табл.4) представлены популярные деформируемые и литейные алюминиевые сплавы, их химический состав и механические свойства.

Для магниевых и титановых сплавов в основе классификации также деление на деформируемые и литейные.

Медь обладает рядом уникальных свойств, благодаря которым применяется в электротехнике, как конструкционный материал и как основа сплавов - латуней, бронз, медно-никелевых сплавов. Маркировка латуней и бронз позволяет определить тип сплава — деформируемый или литейный, а также легирующие компоненты.

Таблица 4

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ			
МАРКА СПЛАВА	ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, %	МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	КЛАСС
Д-16 (1160)	Cu- 3,8-4,9 Mg- 1,2-1,8 Mn- 0,3-0,9 Fe ≤ 0,5 Si ≤ 0,5	$\sigma_B = 470$ МПа; $\sigma_{0,2} = 330$ МПа; $\delta = 17\%$; HB = 1050 МПа.	Алюминиевый деформируемый сплав
В-95 (1950)	Cu- 1,4-2,0 Mg- 1,8-2,3 Zn- 5,0-7,0 Mn- 0,2-0,6 Cr- 0,1-0,25 Si ≤ 0,5	ВЫСОКАЯ ПРОЧНОСТЬ $\sigma_B = 600$ МПа; $\sigma_{0,2} = 550$ МПа; $\delta = 12\%$; HB = 1500 МПа.	Алюминиевый деформируемый сплав
АК4-1 (1141)	Cu- 1,9-2,7 Mg- 1,2-1,8 Fe- 0,8-1,4 Ni- 0,8-1,2 Ti- 0,02-0,1 Si ≤ 0,35	$\sigma_B = 420$ МПа; $\delta = 13\%$; $\sigma_{0,2} = 270$ МПа; HB = 1200 МПа; При температуре 300°C: $\sigma_{100}^t = 45$ МПа; $\sigma_{0,2/100}^t = 25$ МПа.	Алюминиевый деформируемый сплав
АЛ-4	Si- 8,0 -10,5 Mn- 0,2-0,5 Mg- 0,17-0,3 Fe ≤ 0,5	$\sigma_B = 260$ МПа; $\sigma_{0,2} = 200$ МПа; $\delta = 4\%$; HB = 700 МПа.	Алюминиевый литейный сплав

Контрольные вопросы

47. Алюминий: технология производства; деформируемые и литейные сплавы, их свойства и применение.

48. Термическая обработка алюминиевых сплавов.

49. Магний : технология производства; деформируемые и литейные сплавы, их свойства и применение.

50. Титан: технология производства; деформируемые и литейные сплавы, их свойства и применение.

51. Медь: технология производства; деформируемые и литейные сплавы на основе меди, их свойства и применение.

Тема 6. Специальные сплавы и стали

Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Хладостойкие металлы и сплавы. Износостойкие материалы. Поведение материалов в эксплуатации.

При изучении данной темы необходимо повторить материал темы 2, в части понятий жаростойкости и жаропрочности, а также показателей каждого из этих свойств, их зависимости от температуры.

Жаропрочные и жаростойкие материалы необходимы для установок, которые подвергаются одновременно воздействию нагрузок и высоких температур. Это тепловые электростанции, установки нефтехимии, газовые турбины, промышленные нагревательные печи, тепловые двигатели: поршневые и газотурбинные авиационные двигатели.

До температур 450 °С могут использоваться обычные стали; до 450 – 700°С – жаропрочные и жаростойкие стали.

Рабочая температура для сплавов на основе алюминия и магния не превышает 250 - 300°С. Жаропрочные сплавы на основе титана работоспособны до температур 500-600°С

Рабочая температура на входе в газовую турбину современных авиационных двигателей достигает 2000К. Для таких температур используются жаропрочные и жаростойкие сплавы на основе никеля и кобальта.

Для более высоких температур в основном используются никелевые сплавы, так как кобальт более дефицитен.

Рассмотрите методы повышения жаростойкости и жаропрочности материалов. Это легирующие компоненты, повышающие плотность оксидных пленок - хром, алюминий, кремний; заданная структура сталей и сплавов.

Высокая жаропрочность – это сочетание высокой энергии связи между частицами материала, затрудняющая зарождения и перемещение дислокаций.

Для ее обеспечения необходимы:

- плотная структура сплава (основного металла) – ГЦК, ГЕК, аустенит;
- неоднородность сплава – счет наличия мелкодисперсных включений стойких химических соединений, препятствующих движению дислокаций;
- очистка границ зерен от легкоплавких примесей;
- крупнозернистая структура, монокристаллическая, с направленной кристаллизацией.

Границы зерен уменьшают сопротивление ползучести. Крупнозернистая структура, характерная для жаропрочных сплавов, уменьшает диффузию. В идеале структура не должна иметь границ зерен и состоять из одного монокристалла. Материалы с такой структурой используются при производстве турбинных лопаток.

При низких температурах необходимо рассмотреть влияние легирующих компонентов и примесей на хладноломкость – свойство металлов, проявляющееся в снижении ударной вязкости и хрупком разрушении при низких температурах. Хладноломкость проявляется у стали и сплавов с ОЦК или ГП кристаллической решеткой, но отсутствует у титана. Показатель – «порог» хладноломкости.

Износостойкость материалов в условиях трения зависит от большого количества факторов. Собственно износостойкие материалы, в зависимости от механических и фрикционных свойств подразделяют на материалы с высокой твердостью поверхности; материалы с низким коэффициентом трения скольжения, фрикционные материалы, имеющие высокий коэффициент трения скольжения.

Контрольные вопросы

52. Жаростойкость и ее показатели; методы повышения, материалы.
53. Жаропрочность и ее показатели; методы повышения, материалы.
54. Хладостойкость и ее показатели; хладостойкие материалы.
55. Износостойкость, износ; износостойкие материалы.

Тема 7. Коррозия металлов

Виды коррозии. Механизмы коррозионных процессов. Оценка коррозионной стойкости. Методы защиты от коррозии. Материалы с высокой коррозионной стойкостью.

Коррозия – разрушение металлов вследствие химического, электрохимического или биохимического взаимодействия их с внешней средой. В результате коррозии ежегодно теряется до 10% массы от ежегодно производимого металла.

Трудно учесть более высокие косвенные потери от простоя и снижения производительности оборудования из-за коррозии, от нарушения нормального хода технологических процессов, от аварий, обусловленных снижением прочности металлических конструкций и т. п.

Теория коррозионных явлений изучена достаточно глубоко и служит мощным инструментом разработки антикоррозионных средств и методов. Причиной коррозии является термодинамическая неустойчивость системы, состоящей из металла и компонентов окружающей среды. Среда, в которой металл подвергается коррозии, является коррозионной или агрессивной средой.

Виды коррозии различают по сути протекающих процессов.

Химическая коррозия, в том числе атмосферная, - обусловлена воздействием сухих газов, а также жидкостей, не являющихся электролитами (нефтепродукты, фенол и др.). Газовая коррозия - это процесс разрушения при высоких температурах в газовых средах. Происходит под воздействием компонентов продуктов сгорания в узлах газотурбинных и поршневых двигателей – частиц углерода, окислов азота, углекислого газа, паров воды, углеводородов, серы, металлов, содержавшихся в топливе, частиц пыли и т. д.

Электрохимическая коррозия обусловлена воздействием жидких электролитов: водных растворов солей, кислот, щелочей, влажного воздуха, грунтовых вод – то есть растворов, содержащих ионы и являющихся проводниками электричества. Более распространена, чем химическая.

Биохимическая коррозия связана с воздействием на металл микроорганизмов. Металл может разрушаться под воздействием продуктов их жизнедеятельности, а также из-за того, что он служит питательной средой для микроорганизмов. В чистом виде встречается редко, но отмечены случаи повреждения и элементов конструкции воздушных судов.

По характеру изменений металла под воздействием коррозии различают общую и местную; равномерную и неравномерную; расслаивающую, язвенную, точечную (питтинговую), межкристаллитную, транскристаллитную. В особенностях каждого из видов коррозии необходимо разобраться, сопроводив ответ эскизом характера повреждений металла.

Обратите внимание на проблемы, возникающие вследствие коррозии металлов в неэлектролитах. Химическая промышленность производит органические жидкости, не обладающие электропроводностью. Практическое значение имеет коррозия металлов в продуктах переработки нефти с целью получения топлив. В авиационном керосине, бензине, дизельном топливе коррозионно-активными компонентами являются сера, сероводород, меркаптаны. Кроме того топлива обладают гигроскопичностью. Вода, присутствующая в топливе даже в незначительных количествах активизирует коррозионный процесс.

Атмосферная коррозия - наиболее распространенный вид электрохимической коррозии. Атмосфера с точки зрения возникновения коррозии подразделяется на сухую континентальную, морскую чистую, морскую индустриальную, индустриально сильно загрязненную. Принято считать, что до влажности 60% атмосферная коррозия происходит по химическому механизму, при большей влажности – по электрохимическому

Скорость равномерной атмосферной коррозии оценивается потерей массы металла в единицу времени или уменьшением размера за определенный период по 10-балльной шкале. По коррозионному проникновению помимо коррозионной активности среды, оценивают коррозионную устойчивость металла.

Методы защиты конструкционных материалов от коррозии выбираются с учетом эксплуатационных условий. Скорость коррозии металлов можно уменьшить следующими способами:

- выбором материала с требуемой устойчивостью к коррозии;
 - нанесением защитных пленок и покрытий, изолирующих материал от окружающей среды;
 - модификацией коррозионной среды, с целью замедления коррозии;
- электрохимической защитой;
- применением конструктивных решений, учитывающий электрохимический потенциал сопряженных деталей.

Применение материалов с повышенной коррозионной стойкостью на стадии производства дополняется нанесением защитных покрытий. Для сталей это кадмирование, оксидное фосфатирование, а также лакокрасочные покрытия

В качестве коррозионностойких материалов широкое распространение получили хромоникелевые и хромистые нержавеющие стали.

Методы защиты от коррозии принято делить на три группы: нанесение защитных покрытий, изменение электрохимического потенциала защищаемого материала по отношению к среде на границе фаз и модификация коррозионной среды.

Металлические покрытия наносят электроосаждением, погружением в расплавленные металлы, металлизацией напылением, химическим осаждением из растворов солей, диффузией, вакуумным напылением и т. д.

Весьма эффективны неметаллические покрытия: оксидные, фосфатные, керамические и стекловидные эмали, пластмассовые покрытия. Широко используются лакокрасочные материалы.

Для уменьшения электрохимической коррозии используется катодная или анодная защита, суть которой состоит в таком изменении потенциала защищаемого металла, при котором он становится термодинамически устойчивым.

Контрольные вопросы

56. Механизмы и виды коррозии.
57. Химическая коррозия.
58. Электрохимическая коррозия.
59. Оценка коррозионной стойкости.
60. Методы защиты от коррозии.
61. Коррозионностойкие сплавы.

Тема 8. Неметаллические материалы

Характеристики полимеров. Пластмассы и их классификация. Свойства основных пластмасс. Резины. Электротехнические материалы. Лакокрасочные покрытия.

Достоинствами неметаллических материалов являются сочетание требуемого уровня физических, химических, и механических свойств с низкой стоимостью и высокой технологичностью при изготовлении изделий сложной конфигурации. Основные неметаллические материалы, применяемые в качестве конструкционных или совместно с ними - это пластмассы, резина, керамика, стекло.

По назначению можно выделить пластмассы:

- конструкционные (силовые и не силовые);
- оптически прозрачные;
- химостойкие;
- электроизоляционные;
- фрикционные и др.

Основой для получения пластмасс являются полимеры - высокомолекулярные химические соединения, состоящие из звеньев (мономеров) одинакового строения. Особенностью молекул полимеров является их большая молекулярная масса. Применяются как синтетические полимеры, полученные из простых низкомолекулярных соединений, так и природные – натуральный каучук, целлюлоза, слюда, асбест, шерсть.

По форме макромолекулы полимеров делятся на линейные, разветвленные, плоские, ленточные, сетчатые и пространственные.

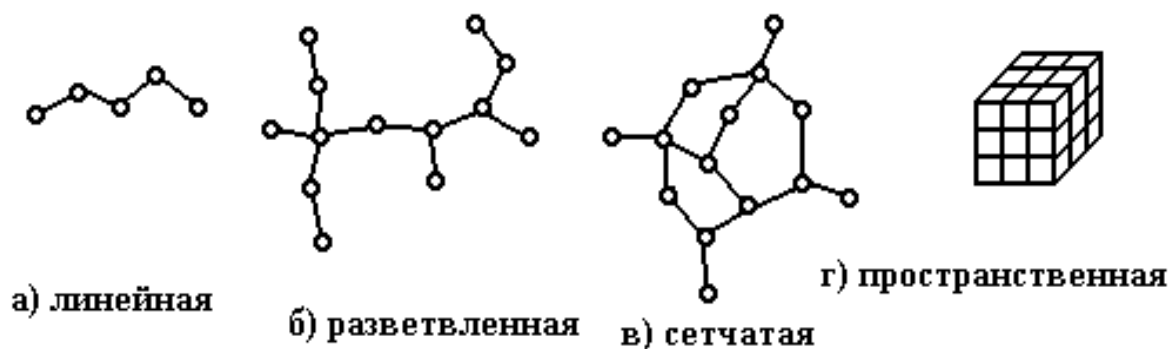


Рис. 2. Деление макромолекул полимеров

Линейные макромолекулы обеспечивают высокую эластичность материала (обратимая деформация может составлять десятки сотен процентов). Чем более сложная форма макромолекул (сетчатая, пространственная), тем более прочным, нерастворимым и неплавким, и одновременно более хрупким является полимер.

По фазовому состоянию полимеры подразделяют на аморфные и кристаллические. Чаще расплав полимера с понижением температуры, переходя в твердое состояние, сохраняет аморфную структуру жидкости. Это состояние устойчиво в связи с заторможенностью теплового движения, громоздкостью макромолекул и значительной вязкостью расплава.

Пластмассы – органические материалы на основе полимеров. Они содержат добавки – наполнители, пластификаторы, красители, отвердители, катализаторы и т. д.

По поведению при нагревании пластмассы делятся на термопластичные и термореактивные.

Термопластичные полимеры размягчаются при нагревании и затвердевают при охлаждении. Это свойство имеет обратимость. Диапазон рабочих температур термопластичных полимеров от температуры хрупкости до температуры стеклования. Для большинства полимеров и пластмасс на их основе температура хрупкости составляет $-20...-60^{\circ}\text{C}$. Выше температуры

стеклования происходит переход в высокоэластичное состояние. При дальнейшем повышении температуры – в вязкотекучее. Все органические вещества горючи. При дальнейшем повышении температуры возможно воспламенение и горение с интенсивным дымообразованием и газовыделением. Продукты горения токсичны. Для снижения пожароопасности вводят антипирены.

Термореактивные полимеры при нагреве необратимо затвердевают в результате химической реакции. Последующий нагрев не размягчает их и может привести только к разложению.

Термопластичные пластмассы могут многократно подвергаться переработке, а утилизация термореактивных полимеров требует применения затратных технологий.

Основные технологические свойства пластмасс: текучесть, усадка (уменьшение объема при охлаждении), скорость отверждения реактопластов, термостабильность термопластов (время, которое пластмасса выдерживает в нагретом состоянии не разлагаясь).

Наиболее распространенными видами термопластичных пластмасс являются: полиэтилен, полистирол, фторопласт-4, органическое стекло, поливинилхлорид.

Термореактивные пластмассы (реактопласты) производят на основе термореактивных смол. Фенолформальдегидные, эпоксидные, кремнийорганические, полиэфирные смолы в отвержденном состоянии в сочетании с наполнителем способны работать при повышенных температурах, химически стойки. Используются в производстве гетинакса, текстолита, стеклотекстолитов, а также термостойких резин, лаков, красок, клеев, герметиков. Основа резин – каучук, полимер, находящийся в высокоэластичном состоянии. При его вулканизации образуется собственно резина - пластмасса с сетчатой структурой.

Пластмассы перерабатывают в изделия различными способами в зависимости от их агрегатного состояния. К основным способам переработки пластмасс в изделия в вязкотекучем состоянии относятся: горячее прессование,

прессование листов и плит, литьё под давлением, выдавливание (экструзия). В высокоэластическом состоянии перерабатывают термопласты (целлулоид, оргстекло, винипласт и др.) методом формования с целью получения из них крупногабаритных изделий. К основным способам такой переработки относятся; пневматическое и вакуумное формование и штамповка.

Смолы, находящиеся при комнатной температуре в жидком состоянии и отверждаемые при той же температуре используются в качестве основы пластмасс с наполнителем, например стеклопластика. К основным способам изготовления деталей из стеклопластика относятся; контактное формование, вихревое напыление, центробежное литьё и литьё' без давления.

Детали изготовляют из пластмасс в твёрдом состоянии: листов, труб, профилей различного сечения. Для этого применяют разделительную штамповку –вырубку, пробивку, обрезку, зачистку и обработку резанием.

Достоинством пластмасс является низкая плотность – в большинстве случаев она составляет от $1,0 \text{ г/см}^3$ до $2,20 \text{ г/см}^3$, при приемлемых механических свойствах. Уникальными в этом плане свойствами обладают газонаполненные пластмассы. Газонаполненные пластмассы – это двухфазные системы, образованные твердым полимером и заполняющим его газом. В зависимости от полимерного каркаса подразделяются на жесткие, полужесткие, эластичные. Материалы, содержащие преимущественно замкнутые поры или ячейки называют пенопластами, а сообщающиеся поры – поропластами.

Необходимо рассмотреть свойства основных пластмасс; моноблочных, с наполнителем, газонаполненных. Их поведение при различных температурах; технологии получения изделий.

Контрольные вопросы.

62. Полимеры: строение, основные свойства.
63. Общая характеристика пластмасс.
64. Свойства термопластичных пластмасс, примеры материалов.
65. Свойства термореактивных пластмасс, примеры материалов.
66. Технология изготовления деталей из пластмасс

- 67. Применение неметаллических материалов в авиации.
- 68. Резины: получение, свойства, применение.
- 69. Клеи. Склеивание: преимущества и недостатки метода.
- 70. Лакокрасочные материалы.

Тема 9. Керамические и композиционные материалы

Техническая керамика. Элементы технологии керамических материалов. Строение и свойства композиционных материалов. Методы изготовления деталей из металлических композиционных материалов, композиционных порошковых материалов и полимерных композиционных материалов.

Общность материалов рассматриваемых в данной теме в том, что как керамику, так и композиционные материалы можно конструировать для получения заданных свойств.

Термин «керамика» происходит от греческого слова «керамос» - глина. В технике, в современной трактовке, керамика - это многокомпонентный материал, получаемый спеканием высокодисперсных минеральных частиц (глин, оксидов, карбидов, нитридов и др.). Керамические изделия отличаются высокой твердостью, теплостойкостью, хрупкостью. Последнее свойство определяет характер нагружения керамических изделий. Высокая прочность обеспечивается при сжатии, удовлетворительная – при изгибе и существенно более низкая – при растяжении. Керамика – макроизотропный материал. При введении в ее состав высокопрочных волокон она становится анизотропной, но это уже, по сути, композиционный материал с керамической матрицей.

Высокая твердость керамических изделий затрудняет их размерную обработку, а ее пористость приводит к высокой трудоемкости контроля.

Технология получения керамических изделий включает:

- получение порошков – дроблением, с использованием агломерации продуктов химического синтеза и др.;
- смешивание компонентов;
- формование (консолидация порошков);

- спекание – обжиг при температурах 900...2000°C;
- обработка изделия и его контроль.

Метод формования определяется формой изделия и способом приготовления керамической массы. Используют порошкообразные, пластичные и жидкие керамические массы.

Формование производится:

- за счет сжимающего давления - прессованием;
- экструзией – пластичных керамических масс;
- шликерным литьем при сложной конфигурации изделий.

Хотя классификация керамических материалов весьма объемна в рамках дисциплины достаточно ознакомиться с химическим составом и применением механокерамики, оптокерамики, терموкерамики. Твердость керамических материалов может оцениваться по шкале Мооса для минералов. В состав керамики могут входить металлы, образуя металлокерамические материалы. Многие из них содержат карбиды вольфрама, титана и тантала с металлической связкой из кобальта. Рассмотрите назначение и применение этих материалов.

Композиционные материалы (КМ) – искусственно созданные материалы, которые состоят из двух или более компонентов, различающихся по составу и разделенных выраженной границей, и которые имеют новые свойства, запроектированные заранее.

Компоненты композиционного материала различны по геометрическому признаку. Компонент КМ, непрерывный во всем объеме называется матрицей.

Компонент прерывистый, распределенный в объеме КМ, называется арматурой.

Матрица придает требуемую форму изделию, влияет на свойства композиционного материала, защищает арматуру от механических повреждений и других воздействий среды.

В качестве матриц в композиционных материалах могут быть использованы металлы и их сплавы, полимеры органические и неорганические, керамические, углеродные и другие материалы. Соответственно различают

металлические композиционные материалы МКМ; с полимерной матрицей - ПКМ и с керамической матрицей - ККМ. Этим многообразие керамических материалов не исчерпывается, применяются полиматричные материалы. Свойства матрицы определяют технологию процесса получения композиции и ее эксплуатационные свойства: плотность, удельную прочность, рабочую температуру, сопротивление усталостному разрушению и воздействию агрессивных сред.

Армирующие или упрочняющие компоненты равномерно распределены в матрице. Они, как правило, обладают высокой прочностью, твердостью и модулем упругости и по этим показателям значительно превосходят матрицу. Вместо термина армирующий компонент можно использовать термин наполнитель.

Композиционные материалы классифицируют по геометрии наполнителя, расположению его в матрице, природе компонентов.

По геометрии наполнителя композиционные материалы подразделяются на три группы:

- с **нуль-мерными наполнителями** (дисперсно-упрочненные КМ), размеры которых в трех измерениях имеют один и тот же порядок;
- с **одномерными наполнителями** (волокнистые КМ), один из размеров которых значительно превышает два других;
- с **двухмерными наполнителями** (слоистые КМ), два размера которых значительно превышают третий.

По схеме армирования:

- с одноосным (**линейным**) **расположением** наполнителя в виде волокон, нитей, нитевидных кристаллов в матрице параллельно друг другу;
- с двухосным (**плоскостным**) **расположением** армирующего наполнителя, матов из нитевидных кристаллов, фольги в матрице в параллельных плоскостях;
- с трехосным (**объемным**) **расположением** армирующего наполнителя и отсутствием преимущественного направления в его расположении.

Свойства композиционных материалов зависят не только от физико-химических свойств компонентов, но и от прочности связи между ними. Максимальная прочность достигается, при образовании между матрицей и арматурой твердых растворов или химических соединений.

В дисперсно-упрочненных МКМ матрица воспринимает нагрузку, а дисперсные частицы наполнителя препятствуют развитию пластической деформации. Эффективное упрочнение достигается при содержании 5...10 % частиц наполнителя. Эффект упрочнения сохраняется до температуры 0,8 T плавления.

Армирующими наполнителями служат частицы тугоплавких оксидов, нитридов, боридов, карбидов.

В композиционных материалах с одномерными наполнителями упрочнителями являются нитевидные кристаллы, волокна, проволока, которые скрепляются матрицей.

Композиционные материалы этого типа перспективны как жаропрочные материалы. Упрочнение лопаток газовых турбин на основе никелевых сплавов, армированных нитями сапфира (Al_2O_3), позволяет значительно повысить температуру на входе в турбину.

Для армирования легких металлов применяются волокна бора, карбида кремния, углеродистые волокна.

Рассмотрите другие варианты упрочняющих линейных компонентов.

Особенностью ПКМ является то, что матрицу образуют различные полимеры, служащие связующими для арматуры, которая может быть в виде волокон, ткани, пленок, стеклотекстолита.

Формование полимерных композиционных материалов осуществляется прессованием, литьем под давлением, экструзией, напылением.

Контрольные вопросы

71. Технология керамических материалов.
72. Свойства и применение керамических материалов.
73. Классификация керамических материалов.

- 74. Общая характеристика композиционных материалов.
- 75. Классификация композиционных материалов.
- 76. Композиционные материалы с нуль-мерными наполнителями (дисперсно-упрочненные композиционные материалы).
- 77. Композиционные материалы с одномерными наполнителями (волокнистые композиционные материалы).
- 78. Композиционные материалы с двумерными наполнителями (слоистые композиты).
- 79. Металлокерамические материалы: свойства, применение.

Тема 10. Технология производства материалов и их обработки

Основные методы получения твердых тел. Основы металлургического производства. Классификация способов получения заготовок. Производство заготовок способом литья. Обработка металлов давлением. Производство неразъемных соединений. Методы формообразования поверхностей деталей.

Изделия получают в результате производственного процесса. Важнейшая его часть технологический процесс. Технологические процессы строятся на основе технологических методов.

При изучении темы 10 необходимо усвоить терминологию и рассмотреть основные технологические методы получения и обработки заготовок. Это методы первичного формообразования с получением исходной заготовки соответствующих форм и размеров; методы последующего изменения формы и размеров, методы изменения свойств материалов по всему объему или в ее поверхностных слоях.

Методы изменения свойств материалов рассматривались ранее в теме 4. Выбор метода получения и обработки заготовки зависит от размеров и точности изготовления детали, материала, применяемых средств производства и контроля, а также требуемого количества изделий.

Материал темы позволит ориентироваться в сложных технологических вопросах, и изложен предельно кратко.

Из жидкого состояния формообразование исходной заготовки

производится литьем.

Литьем изготавливают фасонные заготовки деталей путем заливки расплавленного металла в литейную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки детали. Литьем можно получить сложное по форме изделие.

Основные ограничения связаны с:

- изготовлением формы для заливки жидкого металла;
- литейными свойствами металла;
- усадкой металла при кристаллизации.

Основные методы литья.

Литье в песочно-глинистые формы. Форму образует смесь из песка и глины. Для извлечения модели отливки формовка производится в двух полуящиках – опоках. Литниковая система обеспечивает заполнение формы металлом. При извлечении отливки форма разрушается, то есть она одноразовая. Это самый распространенный вид литья. Литейные материалы – серый чугун, малоуглеродистая сталь, а также медные и алюминиевые сплавы. Этим способом получают самые крупные отливки – до ста тонн и более.

Остальные виды литья относят к специальным. Необходимо выяснить возможности каждого метода, его преимущества и недостатки, литейные материалы.

Специальные виды литья.

- литье в металлическую форму (кокиль);
- центробежное литье;
- литье в оболочковые формы
- литье по выплавленным моделям;
- литье под давлением.

Изменение формы методами обработки металлов давлением возможно благодаря пластичности металлов, проявляющейся при деформации в горячем и холодном состояниях. Обязательным условием является отсутствие при деформации разрушения. Сплавами с высокой пластичностью являются

низкоуглеродистые и многие легированные стали, сплавы алюминия, меди. Пластичность увеличивается при нагреве, поэтому обработка давлением производится в основном в «горячем» состоянии. Наиболее распространенными технологическими методами обработки металлов давлением являются: прокатка, прессование, волочение, ковка, штамповка.

При изучении этой темы необходимо рассмотреть технологические возможности каждого метода, оборудование, продукцию. Ответ желательно сопровождать эскизами, поясняющими суть основных операций.

Прокатка – формоизменение слитка или заготовки, осуществляемое деформированием между вращающимися валками. Прокаткой обрабатывается до 90% производимой стали и примерно 50% цветных металлов.

Прессование – процесс выдавливания материала из контейнера через одно или несколько отверстий в матрице.

Волочение - процесс протягивания прутка через отверстие волоки, размеры которого меньше, чем исходные размеры прутка. Производится в холодном состоянии.

Штамповка - вид обработки давлением, при котором формообразование осуществляется пластическим деформированием в штампе – горячая объемная штамповка. При этом течение металла ограничивается полостью штампа. Полости в верхней и нижней частях штампа называются ручьями. Продукция - поковка. Возможны операции объемной штамповки в холодном состоянии: выдавливание, высадка, объемная формовка.

Штамповка листовая состоит в деформации листовой заготовки на прессе с помощью штампа. Различают разделительные и формоизменяющие операции: разделительные – отрезка, вырубка, пробивка; формоизменяющие - гибка, вытяжка, отбортовка, раздача, обжим, формовка, чеканка.

Ковка – процесс горячей обработки металлов давлением ударами кувалды, бойка молота, нажатием бойка прессы при свободном течении металла в стороны. Исходная заготовка – слиток или отрезок проката, продукция - поковка.

Основные операцииковки: осадка, протяжка, раскатка, гибка, закручивание, рубка, пробивка, прошивка.

Получение неразъемных соединений используется как при производстве заготовок (трубы и др.), так и при производстве деталей машин. Основные методы:

- сварка;
- пайка;
- клепка;
- запрессовка;
- заливка армирующих элементов расплавленным металлом.

В рамках дисциплины представляют интерес первые два метода.

Сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании или (или) пластическом деформировании.

В технике применяется огромное количество видов сварки металлов и неметаллических материалов - пластмасс. Целесообразно ограничиться изучением электрической дуговой сварки, механических и электромеханических видов сварки, газовой сварки.

Газовая сварка производится с использованием горючих газов: ацетилена (C_2H_2), пропана, водорода, метана, паров керосина или спирта. В качестве окислителя используется кислород.

Механические виды сварки:

- холодная сварка – сварка давлением при значительной пластической деформации без нагрева.
- точечная – листовые металлы свариваются внахлест;
- шовная – листовые металлы свариваются непрерывным швом;
- стыковая – производится стержнями (роликами) по поверхности стыкуемых торцов.

Электромеханические виды сварки:

- контактная – сварка с применением давления, при которой используется

теплота, выделяющаяся при прохождении электрического тока в месте контакта свариваемых частей;

- стыковая контактная сварка – соединение происходит по поверхностям стыкуемых торцов: сопротивлением или оплавлением;
- точечная контактная сварка – сварное соединение получается за счет сварных точек, передающих усилие сдвига;
- шовная контактная сварка – между вращающимися дисковыми электродами, передающими усилие сжатия.

Электрические виды сварки.

Источники энергии - трансформатор или выпрямитель. Напряжение - менее 80 вольт.

Дуговая сварка – сварка плавлением, при которой нагрев осуществляется электрической дугой (электрическая дуга – одна из форм электрического разряда в ионизированной смеси газов, паров металлов, флюсов). Сварка производится как плавящимся, так и неплавящимся электродом.

Сварка дугой прямого действия – объект сварки включен в цепь сварочного тока. Сварка дугой косвенного действия – объект сварки не включен в цепь сварочного тока. Ручная дуговая сварка – с применением электрода с электродным покрытием.

При $d_э \leq 3 \text{ мм}$, $I_{св} = K d_э$, где K – коэффициент; $K = 36-60 \text{ А/мм}$

При $d_э > 3 \dots 6 \text{ мм}$, $I_{св} = (20-6 d_э) d_э$; $V = 16 \dots 80 \text{ В}$.

При дуговой сварке под флюсом – применяются непокрытые электроды (сварочная проволока).

При дуговой сварке в среде защитного газа используются, как правило, аргон, гелий, CO_2 . Или смесь $\text{Ar} + \text{O}_2$, $\text{Ar} + \text{H}_2$, $\text{Ar} + \text{N}_2$, $\text{Ar} + \text{CO}_2$.

Как плавящимся, так и неплавящимся электродом.

Высокочастотная сварка – сварка с применением давления и нагревом токами высокой частоты (ТВЧ) – индуктор, глубина прогрева зависит от частоты тока.

Диффузионная сварка – сварка давлением осуществляемая за счет взаимной диффузии атомов при длительном воздействии повышенной

температуры и незначительной пластической деформации.

Пайка – пайкой называется процесс соединения деталей в твердом состоянии припоем, который при температуре пайки смачивает соединяемые поверхности и связывает их после кристаллизации.

Припой – это металлы или сплавы, используемые при пайке в качестве связки между соединяемыми деталями и имеющие по сравнению с основным материалом более низкую температуру плавления.

Пайку проводят мягкими (легкоплавкими) и твердыми припоями. Мягкие припои плавятся при температурах 200-400°C, а твердые – 800-900 °C. Мягкие припои состоят в основном из олова и свинца, что отражено в их маркировке.

Обработка резанием.

Резание (лезвийная обработка) – отделение от заготовки слоев пластически деформированного или разрушенного материала – стружки, путем внедрения в заготовку режущего клинообразного тела –лезвия инструмента.

1. Движение лезвия относительно заготовки – главное.

2. Движение, обеспечивающее непрерывность или периодичность удаления стружки – движение подачи.

В зависимости от вида и направления движения резания, вида обработанной поверхности) можно выделить следующие технологические методы:

- точение;
- строгание;
- долбление;
- протягивание;
- сверление;
- фрезерование;
- резьбонарезание.

Необходимо ознакомиться с названиями станков, выполняющих перечисленные функции; наименованием и назначением режущего инструмента к каждому станку. В марке станка первая цифра определяет его

назначение:

1. токарные станки;
2. сверлильные и расточные;
3. шлифовальные;
4. электрофизические и электрохимические;
5. зубо - и резьбообрабатывающие;
6. фрезерные.

В таблице 5 приведены сведения об основных видах обработки резанием, а также о том, что является главным движением и движением подачи.

Таблица 5

Вид обработки	Главное движение	Движение подачи
Точение	Вращательное - заготовке	Режущему инструменту – резцу, суппорту
Сверление (зенкерование, рассверливание, развертывание)	Вращательное – инструменту - сверлу	Прямолинейное, вдоль оси - сверлу
фрезерование	Вращательное - инструменту- фрезе	Поступательное прямолинейное - заготовке
Резьбонарезание	На токарно-винторезном станке фасонными (резьбовыми) резцами; плашками и метчиками.	
Строгание, долбление	Режущему инструменту в горизонтальной и вертикальной плоскостях	Заготовке в конце обратного хода инструмента
Протягивание, прошивка	Прямолинейное или круговое – режущему инструменту	отсутствует

Так как в предыдущих темах были рассмотрены инструментальные материалы, представляет интерес сравнить их теплостойкость и максимальные скорости резания. Материалы в таблице 6 представлены в хронологическом порядке их применения.

Таблица 6

Скорости резания и теплостойкость инструментальных материалов

Материал	Теплостойкость, °С	Скорость резания, м/мин
Углеродистая сталь, У8... У13	150-200	Менее 5 м/мин
Инструментальная легированная сталь, ХВГ, Х6ВФ	200- 300	8
Быстрорежущая сталь, Р18, Р12, Р6М5	600 - 700	30
Металлокерамические материалы.	800 – 1000	100
Минералокерамика	1100 – 1200	300
Искусственные алмазы	800	600
Материалы с поликристаллами кубического нитрида бора	1500	600

Методы электрофизической и электрохимической обработки используются для обработки вязких и очень твердых материалов - керамических, металлокерамических. Механические нагрузки очень малы.

Основные типы:

1. Электроэрозионная (электроискровая) обработка - используется явление разрушения электродов (эрозии) при пропускании между ними импульсов электрического тока. Наиболее интенсивна в жидкой среде (керосин, минеральное масло).

2. Электроискровая: - анод – заготовка, катод – инструмент. Фасонные полости, отверстия; можно разрезать заготовку.

3. электрохимическая (анодно-механическая)

4. импульсно-механическая (ультразвуковая)

5. лучевая (светолучевая, электронно-лучевая)

6. плазменная

7. взрывная обработка

Контрольные вопросы

80. Литейные свойства сплавов.
81. Поясните последовательность процессов при литье.
82. Какой метод литья не требует изготовления модели.
83. Какую функцию выполняет часть модели – стержень.
84. Какой метод литья обеспечивает максимальную точность отливки?
85. В чем преимущества литья в кокиль?
86. В чем преимущества литья под давлением? Используемые сплавы.
87. В каких методах литья не требуется стержень?
88. Какой формы отливки целесообразно получать центробежным методом?
89. Основные способы литья.
90. Прокатка, волочение, прессование.
91. Ковка, штамповка.
92. Термические виды сварки.
93. Термомеханические методы сварки.
94. Механические методы сварки.
95. Пайка металлов.
96. Способы обработки металлов резанием.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.

Все студенты выполняют одну контрольную работу, которая состоит из четырех теоретических вопросов. По каждому теоретическому вопросу задания должен быть дан исчерпывающий письменный ответ.

Контрольная работа рецензируется преподавателем в период лабораторно – экзаменационной сессии.

Теоретические вопросы выбираются из таблицы по двум последним цифрам учебного шрифта студента. В каждой ячейке таблицы указаны четыре номера вопросов. Сами вопросы сформулированы в конце каждой темы. Обратите внимание, что дана сквозная нумерация вопросов от 1 до 96 по всем темам.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА.

Студенты выполняют контрольную работу, которая заключается в ответах на пять теоретических вопросов.

По каждому теоретическому вопросу задания должен быть дан исчерпывающий письменный ответ. Работа может быть выполнена в рукописном варианте разборчивым почерком. Возможен вариант с печатью на принтере. При этом необходимо учесть следующее. Ответ на каждый вопрос должен быть по существу, максимум 3 страницы печатного текста (один вопрос). Работа должна быть оформлена: титульный лист, ответы на вопросы; листы - сброшюрованы. При печати необходимо соблюдать определенные требования.

Контрольная работа рецензируется преподавателем в период лабораторно – экзаменационной сессии.

Теоретические вопросы выбираются из таблицы 7 (стр. 60) по двум последним цифрам учебного шрифта студента. В каждой ячейке таблицы указаны пять номеров вопросов. Сами вопросы сформулированы в конце каждой темы. Для удобства перед таблицей приведен полный перечень вопросов с указанием тем. Обратите внимание, что дана сквозная нумерация вопросов от 1 до 96 по всем темам.

Пример: шифр студента ОПУВТ – 0919.0201 - вопросы 11, 20, 30, 40, 50.

Требования к оформлению контрольной работы

Поля (левое/верхнее/правое/нижнее)..... 2 см/2см/2см/2см
 ШрифтTimes New Roman, 14
 Межстрочный интервалодинарный (1,5)
 Красная строка.....1 см
 Нумерация страниц/шрифтСнизу справа/Times New Roman, 14
 Шрифт номера параграфаTimes New Roman, 14, жирный

Контрольные вопросы по всем темам дисциплины.

Тема 1. Строение и свойства металлов и сплавов

1. Классификация конструкционных материалов.
2. Физические свойства конструкционных материалов: плотность, теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение.
3. Физические свойства конструкционных материалов: магнитные свойства, электрические свойства.
4. Кристаллическое строение металлов, типы кристаллических решеток.
5. Дефекты строения кристаллических решеток.
6. Аллотропия. Практическое использование свойства.
7. Сплавы, основные фазы в сплавах.
8. Твердые растворы внедрения, замещения.
9. Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов, использование.
10. Компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом.
11. Фазовый состав и превращения в железоуглеродистых сплавах - анализ диаграммы состояния железо-углерод при содержании углерода до 2, 14% (стали).
12. Фазовый состав и превращения в железоуглеродистых сплавах - анализ диаграммы состояния железо-углерод при содержании углерода в диапазоне 2, 14%. – 6,67% (чугуны).

Тема 2. Методы исследования и испытания материалов.

13. Цель и методы исследования макроструктуры материала, виды изломов.
14. Основные методы исследования микроструктуры металла.
15. Механические свойства материалов.
16. Статическая прочность, показатели, методы определения.
17. Динамическая прочность, показатели, методы определения.
18. Прочность циклическая, показатели, методы определения.

19. Жаропрочность, показатели, методы определения.
20. Твердость, показатели, методы определения.
21. Пластичность, показатели, методы определения.
22. Упругость, жесткость: показатели, методы определения.
23. Капиллярная дефектоскопия.
24. Магнитные методы неразрушающего контроля.
25. Акустические методы неразрушающего контроля.
26. Контроль методами вихревых токов.
27. Радиационные методы контроля.

Тема 3. Стали и чугуны

28. Влияние углерода и примесей на свойства стали.
29. Легирующие компоненты, влияние на свойства сплавов.
30. Углеродистые стали, классификация.
31. Легированные стали, классификация.
32. Инструментальные стали.
33. Чугуны: состав, свойства, применение.

Тема 4. Методы улучшения свойств металлов и сплавов

34. Полный и неполный отжиг стали, нормализация; назначение, влияние на структуру и свойства.
35. Полная и неполная закалка стали, влияние на структуру и свойства.
36. Разновидности отпуска, влияние на структуру и свойства.
37. Улучшение, влияние на структуру и свойства стали.
38. Термическая обработка сплавов с переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
39. Химико-термическая обработка: цементация.
40. Химико-термическая обработка: азотирование.
41. Химико-термическая обработка: цианирование, нитроцементация.
42. Химико-термическая обработка: борирование.

- 43. Химико-термическая обработка: алитирование.
- 44. Химико-термическая обработка: диффузионное насыщение хромом.
- 45. Термомеханическая обработка стали.
- 46. Методы поверхностного упрочнения пластическим деформированием.

Тема 5. Цветные металлы и сплавы

- 47. Алюминий: технология производства; деформируемые и литейные сплавы, их свойства и применение.
- 48. Термическая обработка алюминиевых сплавов.
- 49. Магний: технология производства; деформируемые и литейные сплавы, их свойства и применение.
- 50. Титан: технология производства; деформируемые и литейные сплавы, их свойства и применение.
- 51. Медь: технология производства; деформируемые и литейные сплавы на основе меди, их свойства и применение.

Тема 6. Специальные сплавы и стали

- 52. Жаростойкость и ее показатели; методы повышения, материалы.
- 53. Жаропрочность и ее показатели; методы повышения, материалы.
- 54. Хладостойкость и ее показатели; хладостойкие материалы.
- 55. Износостойкость, износ; износостойкие материалы.

Тема 7. Коррозия металлов

- 56. Механизмы и виды коррозии.
- 57. Химическая коррозия.
- 58. Электрохимическая коррозия.
- 59. Оценка коррозионной стойкости.
- 60. Методы защиты от коррозии.
- 61. Коррозионностойкие сплавы.

Тема 8. Неметаллические материалы

- 62. Полимеры: строение, основные свойства.
- 63. Общая характеристика пластмасс.
- 64. Свойства термопластичных пластмасс, примеры материалов.
- 65. Свойства термореактивных пластмасс, примеры материалов.
- 66. Технология изготовления деталей из пластмасс
- 67. Применение неметаллических материалов в авиации.
- 68. Резины: получение, свойства, применение.
- 69. Клеи. Склеивание: преимущества и недостатки метода.
- 70. Лакокрасочные материалы.

Тема 9. Керамические и композиционные материалы

- 71. Технология керамических материалов.
- 72. Свойства и применение керамических материалов.
- 73. Классификация керамических материалов.
- 74. Общая характеристика композиционных материалов.
- 75. Классификация композиционных материалов.
- 76. Композиционные материалы с нуль-мерными наполнителями (дисперсно-упрочненные композиционные материалы).
- 77. Композиционные материалы с одномерными наполнителями (волокнистые композиционные материалы).
- 78. Композиционные материалы с двухмерными наполнителями (слоистые композиты).
- 79. Металлокерамические материалы: свойства, применение.

Тема 10. Технология производства материалов и их обработки

- 80. Литейные свойства сплавов.
- 81. Поясните последовательность процессов при литье.
- 82. Какой метод литья не требует изготовления модели.
- 83. Какую функцию выполняет часть модели – стержень.

84. Какой метод литья обеспечивает максимальную точность отливки?
85. В чем преимущества литья в кокиль?
86. В чем преимущества литья под давлением? Используемые сплавы.
87. В каких методах литья не требуется стержень?
88. Какой формы отливки целесообразно получать центробежным методом?
89. Основные способы литья.
90. Прокатка, волочение, прессование.
91. Ковка, штамповка.
92. Термические виды сварки.
93. Термомеханические методы сварки.
94. Механические методы сварки.
95. Пайка металлов.
96. Способы обработки металлов резанием.

ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов [Текст] / В. Б. Арзамасов, А. Н. Волчков, В. А. Головин и др. – М.: Академия, 2006.– 448 с.
2. Солнцев, Ю.П. Материаловедение [Текст]: учебник для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, Ф. Войткун; [под ред. Ю. П. Солнцева] – М.: МИСИС, 2007. – 600 с.
3. Материаловедение; Учеб. для вузов. Допущен Эксп. советом по проф-обр. [текст]/О. С. Моряков,- М.: Академия, 2008, - 240 с.
4. Иванов Д.А. Получение заготовок и деталей пластическим деформированием. Учебное пособие. [электронный ресурс]/Д. А. Иванов – СПб.: Изд-во СПбГУГА, 2016. – 103 с.

б) дополнительная литература

5. Материаловедение и технология металлов [Текст] : учебник для вузов по машиностроительным специальностям / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. – М.: Высшая школа, 2000. – 637с.
6. Материаловедение [Текст]: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др. – М. :Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 646с.
7. Лахтин, Ю. М. Материаловедение [Текст]: учебник для вузов /. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.Н. – М: Машиностроение, 1990. – 528с.
8. Материаловедение и технология конструкционных материалов [Текст]: учебник для вузов / Ю.П. Солнцев, В.А. Веселов и др. – М.: МИСИС, 1996. – 576с.
9. Технология конструкционных материалов: Уч. пособие для вузов [Текст] / Под ред. М. А. Шатерина.- СПб. :Политехника, 2005.- 597с.

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Таблица 7

Номера вопросов контрольного задания										
Последняя цифра учебного шифра	Предпоследняя цифра учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1, 10, 20, 30, 40	2, 11, 21, 31, 41	3,12,22, 32,42	4,13,23, 33,43	5,14,24, 34,44	6,15,25, 35,45	7,16,26, 36,46	8,17,27, 37,47	9,18,28, 38,48	10,19,29, 39, 49
1	11,20,30, 40, 50	12,21,31, 41,51	13,22,32, 42, 52	14,23,33, 43, 53	15,24,34, 44, 54	16,25,35, 45, 55	17,26,36, 46, 56	18,27,37, 47, 57	19,28,38, 48, 58	20,29,39, 49, 59
2	21,30,40, 50, 60	22,31,41, 51,61	23,32,42, 52, 62	24,33,43, 53, 63	25,34,44, 54, 64	26,35,45, 55, 65	27,36,46, 56, 66	28,37,47, 57, 67	29,38,48, 58, 68	30,39,49, 59, 69
3	31,40,50, 60, 70	32,41,51, 61,71	33,42,52, 62, 72	34,43,53, 63, 73	35,44,54, 64,74	36,45,55, 65,75	37,46,56, 66,76	38,47,57, 67,77	39,48,58, 68,78	40,49,59, 69,79
4	41,50,60, 70,80,	42,51,61, 71,81	43,52,62, 72,82	44,53,63, 73,83	45, 54, 64, 74, 84	46,55,65, 75,85	47,56,66, 76,86	48,57,67, 77,87	49,58,68, 78,88	50,59,69, 79,89
5	51,60,70, 80,90	52,61,71, 81,91	53,62,72, 82,92	54,63,73, 83,93	55,64,74, 84,94	56,65,75, 85,95	57,66,76, 86,96	58,67,77, 87,1	59,68,78, 88,2	60,69,79, 89,3
6	61,70,80, 90,4	62,71,81, 91,5	63,72,82, 92,6	64,73,83, 93,7	65,74,84, 94,8	66,75,85, 95,9	67,76,86, 96,10	68,77,87, 1,11	69,78,88, 2,12	70,79,89, 3,13
7	71,80,90, 4,14	72,81,91, 5,15	73,82,92, 6,16	74,83,93, 7,17	75,84,94, 8,18	76,85,95, 9,19	77,86,96, 10,20	78,87,1, 11,21	79,88,2, 12,22	80,89,3, 13,23
8	81,90,4, 14,24	82,91,5, 15,25	83,92,6, 16,26	84,93,7, 17,27	85,94,8, 18,28	86,95,9, 19,29	87,96,10, 20,30	88,1,11, 21,31	89,2,12, 22,32	90,3,13, 23,33
9	91,4,14, 24,34	92,5,15, 25,35	93,6,16, 26,36	94,7,17, 27,37	95,8,18, 28,38	96,9,19, 29,39	1,10,20, 30,40	2,11,21, 31,41	3,12,22, 32,42	4,13,23, 33,43

Печатается в авторской редакции

Подписано к печати 14. 02. 2020. Формат бумаги 60х90 $\frac{1}{16}$.

Тираж 500. Уч.-изд.л.3,8. Усл.печ.л.4,0. Заказ 337. С 6

Тип. Университета ГА. 196210. С.-Петербург, ул. Пилотов, дом 38.