Введение

Материаловедение—наука о связях между составом, строением и свойствами материалов и закономерностях их изменений при внешних физико-химических воздействиях. Все материалы по химической основе делятся на две основные группы —металлические и неметаллические. К металлическим относятся металлы и их сплавы. Металлы составляют более 2/3 всех известных химических элементов. В свою очередь, металлические материалы делятся на черные и цветные. К черным относятся железо и сплавы на его основе —стали и чугуны. Все остальные металлы относятся к цветным. Чистые металлы обладают низкими механическими свойствами по сравнению со сплавами, и поэтому их применение ограничивается теми случаями, когда необходимо использовать их специальные свойства (например, магнитные или электрические).Практическое значение различных металлов не одинаково. Наибольшее применение в технике приобрели черные металлы. На основе железа изготавливают более 90% всей металлопродукции. Однако цветные металлы обладают целым рядом ценных физико-химических свойств, которые делают их незаменимыми. Из цветных металлов наибольшее промышленное значение имеют алюминий, медь, магний, титан и др.Кроме металлических, в промышленности значительное место занимают различные неметаллические материалы —пластмассы, керамика, резина и др. Их производство и применение развивается в настоящее время опережающими темпами по сравнению с металлическими материалами. Но использование их в промышленности невелико (до 10%) и предсказание тридцатилетней давности о том, что неметаллические материалы к концу века существенно потеснят металлические, не оправдалось.

## Качество и свойства материалов

1.1 Качество материалов и его оценка Качеством материала называется совокупность его свойств, удовлетворяющих определенные потребности в соответствии с назначением. Уровень качества определяется соответствующими показателями, представляющими собой количественную характеристику одного или нескольких свойств материалов, которые определяют их качество применительно к конкретным условиям изготовления и использования. По количеству характеризуемых свойств показатели качества подразделяются на единичные и комплексные. Единичный показатель качества характеризуется только одним свойством (например, твердость стали). Комплексный показатель характеризуется несколькими свойствами продукции. При этом продукция считается качественной только в том случае, если весь комплекс оцениваемых свойств удовлетворяет установленным требованиям качества. Примером комплексного показателя качества стали могут служить оценка химического состава, механических свойств, микро-и макроструктуры. Комплекс-ные показатели качества устанавливаются государственными стандартами.

Методы контроля качества могут быть самые разнообразные: визуальный осмотр, органолептический анализ и инструментальный контроль. По стадии определения качества различают контроль предварительный, промежуточный и окончательный. При предварительном контроле оценивается качество исходного сырья, при промежуточном—соблюдение установленного технологического процесса. Окончательный контроль определяет качество готовой продукции, ее годность и соответствие стандартам. Годной считается продукция, полностью отвечающая требованиям стандартов и технических условий. Продукция, имеющая дефекты и отклонения от стандартов, считается, браком. Качество материала определяется главным образом его свойствами, химическим составом и структурой. Причем свойства материала зависят от структуры, которая, в свою очередь, зависит от химического состава. Поэтому при оценке качества могут определяться свойства, состав и оцениваться структура материала. Свойства материалов и методы определения некоторых из них изложены в следующих разделах. Химический состав может определяться химическим анализом или спектральным анализом. Существуют различные методы изучения структуры материалов. С помощью макроанализа изучают структуру, видимую невооруженным глазом или при небольшом увеличении с помощью лупы. Макроанализ позволяет выявить различные особенности строения и дефекты (трещины, пористость, раковины и др.). Микроанализом называется изучение структуры с помощью оптического микроскопа при увеличении до 3000 раз. Электронный микроскоп позволяет изучать структуру при увеличении до 25000 раз. Рентгеновский анализ применяют для выявления внутренних дефектов. Он основан на том, что рентгеновские лучи, проходящие через материал и через дефекты, ослабляются в разной степени. Глубина проникновения рентгеновских лучей в сталь составляет 80 мм. Эту же физическую основу имеет просвечивание гамма-лучами, но они способны проникать на большую глубину (для стали —до 300мм). Просвечивание радиолучами сантиметрового и миллиметрового диапазона позволяет обнаружить дефекты в поверхностном слое неметаллических материалов, так как проникающая способность радиоволн в металлических материалах невелика. Магнитная дефектоскопия позволяет выявить дефекты в поверхностном слое(до 2 мм) металлических материалов, обладающих магнитными свойствами и основана на искажении магнитного поля в местах дефектов. Ультразвуковая дефектоскопия позволяет осуществлять эффективный контроль качества на большой «дубине. Она основана на том, что при наличии дефекта интенсивность проходящего через материал ультразвука меняется.

Капиллярная дефектоскопия служит для выявления невидимых глазом тонких трещин. Она использует эффект заполнения этих трещин легко смачивающими материал жидкостями.

1.2 Механические свойства материалов

Механические свойства характеризуют способность материалов сопротивляться действию внешних сил. К основным механическим свойствам относятся прочность, твердость, ударная вязкость, упругость, пластичность, хрупкость и др. Прочность—это способность материала сопротивляться разрушающему воздействию внешних сил. Твердость—это способность материала сопротивляться внедрению в него другого, более твердого тела под действием нагрузки. Вязкостью называется свойство материала сопротивляться разрушению под действием динамических нагрузок. Упругость—это свойство материалов восстанавливать свои размеры и форму после прекращения действия нагрузки. Пластичностью называется способность материалов изменять свои размеры и форму под действием внешних сил, не разрушаясь при этом. Хрупкость—это свойство материалов разрушаться под действием внешних сил без остаточных деформаций.

1.3 Технология материалов и технологические свойства

Технология материалов представляет собой совокупность современных знаний о способах производства материалов и средствах их переработки в целях изготовления изделий различного назначения. Металлы и сплавы производят путем выплавки при высоких температурах из различных металлических руд. Отрасль промышленности, занимающаяся производством металлов и сплавов, называется металлургией. Полимеры (пластмассы, резина, синтетические волокна)

изготовляются чаще всего с помощью процессов органического синтеза. Исходным сырьем при этом служат нефть, газ, каменный уголь. Готовые изделия и заготовки для дальнейшей обработки из металлов и сплавов производятся путем литья или обработки давлением. Литейное производство занимается изготовлением изделий путем заливки расплавленного металла в специальную форму, внутренняя полость которой имеет конфигурацию изделия. Различают литье в песчаные формы (в землю) и специальные способы литья. Песчаные литейные формы изготовляются путем уплотнения формовочных смесей, основой которых является кварцевый песок. К специальным способам относится литье в кокиль, литье под давлением, центробежное литье, литье в оболочковые формы, литье по выплавляемым моделям. Кокиль —это специальная металлическая форма. При литье под давлением заливка металла в металлическую форму и его застывание происходит под избыточным давлением. При центробежном литье металл заливается во вращающуюся металлическую форму. Оболочковые формы состоят из мелкого песка со связующим. При литье по выплавляемым моделям керамическая форма изготовляется путем погружения модели из легкоплавкого материала (парафина, стеарина) в керамическую суспензию и последующей выплавки модели из формы. Сплавы, предназначенные для получения деталей литьем, называются литейными. Обработкой металлов давлением называют изменение формы заготовки под воздействием внешних сил. К видам обработки металлов давлением относятся прокатка, прессование, волочение, ковка и штамповка. Прокатка заключается в обжатии заготовки между вращающимися валками. При прессовании металл выдавливается из замкнутого объема через отверстие. Волочение заключается в протягивании заготовки через отверстие. Ковкой называется процесс свободного деформирования металла ударами молота или давлением пресса. Штамповкой получают детали с помощью специального инструмента —штампа, представляющего собой металлическую разъемную форму, внутри которой расположена полость, соответствующая конфигурации детали. Сплавы, предназначенные для получения деталей обработкой давлением, называют деформируемыми. Сравнительно новым направлением производства металлических деталей является порошковая металлургия, которая занимается производством деталей из металлических порошков путем прессования и спекания. Изделия из пластмасс получают путем прессования, литья или выдавливания. Резиновые изделия получают обработкой между валами (каландрированием), выдавливанием, прессованием или литьем с последующей. Изделия из керамических материалов получают путем формования и обжига или прессования и спекания. Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений материалов путем установления межатомных связей между свариваемыми частями при их нагреве или пластическом деформировании или совместном действии того и другого. Сваркой соединяют однородные и разнородные металлы и их сплавы, металлы с некоторыми неметаллическими материалами (керамикой, графитом, стеклом), а также пластмассы.

Заключительной стадией изготовления изделий часто является обработка резанием, заключающаяся в снятии с заготовки режущим инструментом слоя материала в виде стружки. В результате этого заготовка приобретает правильную форму, точные размеры, необходимое качество поверхности. Технологические свойства определяют способность материалов подвергаться различным видом обработки. Литейные свойства характеризуются способностью металлов и сплавов в расплавленном состоянии хорошо заполнять полость литейной формы и точно воспроизводить ее очертания (жидкотекучестыо), величиной уменьшения объема при затвердевании (усадкой), склонностью к образованию трещин и пор, склонностью к поглощению газов в расплавленном состоянии. Ковкость—это способность металлов и сплавов подвергаться различным видам обработки давлением без разрушения. Свариваемость определяется способностью материалов образовывать прочные сварные соединения. Обрабатываемость резанием определяется способностью материалов поддаваться обработке режущим инструментом.

1.4 Физические, химические и эксплуатационные свойства материалов

К физическим свойствам материалов относится плотность, температура плавления, электропроводность, теплопроводность, магнитные свойства, коэффициент температурного расширения и др. Плотностью называется отношение массы однородного материала к единице его объема. Это свойство важно при использовании материалов в авиационной и ракетной технике, где создаваемые конструкции должны быть легкими и прочными. Температура плавления—это такая температура, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое. Чем ниже температура плавления металла, тем легче протекают процессы его плавления, сварки и тем они дешевле. Электропроводностью называется способность материала хорошо и без потерь на выделение тепла проводить электрический ток. Хорошей электропроводностью обладают металлы и их сплавы, особенно медь и алюминий. Большинство неметаллических материалов не способны проводить электрический ток, что также является важным свойством, используемом в электроизоляционных материалах. Теплопроводность—это способность материала переносить теплоту от более нагретых частей тел к менее нагретым. Хорошей теплопроводностью характеризуются металлические материалы.

Магнитными свойствами т.е. способностью хорошо намагничиваться обладают только железо, никель, кобальт и их сплавы. Коэффициенты линейного и объемного расширения характеризуют способность материала расширяться при нагревании. Это свойство важно учитывать при строительстве мостов, прокладке железнодорожных и трамвайных путей и т.д.Химические свойства характеризуют склонность материалов к взаимодействию с различными веществами и связаны со способностью материалов противостоять вредному действию этих веществ. Способность металлов и сплавов сопротивляться действию различных афессивных сред называется коррозионной стойкостью, а аналогичная способность неметаллических материалов —химической стойкостью. К эксплуатационным (служебным) свойствам относятся жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, радиационная стойкость, коррозионная и химическая стойкость и др. Жаростойкость характеризует способность металлического материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре. Жаропрочность характеризует способность материала сохранять механические свойства при высокой температуре. Износостойкость—это способность материала сопротивляться разрушению его поверхностных слоев при трении. Радиационная стойкость характеризует способность материала сопротивляться действию ядерного облучения.

2. Металлы и сплавы

2.1 Строение металлов.

В технике под металлами понимают вещества, обладающие комплексов металлических свойств: характерным металлическим блеском, высокой электропроводностью, хорошей теплопроводностью, высокой пластичностью.

Кристаллические решетки. Все вещества в твердом состоянии могут иметь кристаллическое или аморфное строение. В аморфном веществе атомы расположены хаотично, а в кристаллическом —в строго определенном порядке. Все металлы в твердом состоянии имеют кристаллическое строение. В аморфном веществе атомы расположены хаотично, а в кристаллическом —в строго определенном порядке.

2.2 Металлические сплавы

Металлическим сплавом называется материал, полученный сплавлением двух или более металлов или металлов с неметаллами, обладающий металлическими свойствами. Вещества, которые образуют сплав называются компонентами.

3. Сплавы железа с углеродом

3.1 Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов дает представление о строении основных конструкционных сплавов —сталей и чугунов.

Компоненты, фазы и структурные составляющие сплавов железа с углеродом. Железо—пластичный металл серебристо-белого цвета с невысокой твердостью (НВ 80). Температура плавления —1539°С, плотность 7,83 г/см3. С углеродом железо образует химическое соединение и твердые растворы.

Стальюназывается сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится не более 2,14%. Это теоретическое определение. На практике в сталях, как правило, не содержится углерода более 1,5%.

Влияние углерода и примесей на свойства стали.

Углерод существенно влияет на свойства стали даже при незначительном изменении ею содержания. В стали имеются две фазы —феррит и цементит (частично в виде перлита)..Повышение содержания углерода влияет и на технологические свойства стали. Ковкость, свариваемость и обрабатываемость резанием ухудшаются, но литейные свойства улучшаются. Кроме железа и углерода в стали всегда присутствуют постоянные примеси. Наличие примесей объясняется технологическими особенностями производства стали (марганец, кремний) и невозможностью полного удаления примесей, попавших в сталь из железной руды (сера, фосфор, кислород, водород, азот). Возможны также случайные примеси (хром, никель, медь и др.).Марганец и кремний вводят в любую сталь для раскисления, т.е. для удаления вредных примесей оксида железа FeO. Марганец также устраняет вредные сернистые соединения железа. При этом содержание марганца обычно не превышает 0,8%, а кремния —0,4%. Марганец повышает прочность, а кремний упругость стали. Фосфор растворяется в феррите, сильно искажает кристаллическую решетку, снижая при этом пластичность и вязкость, но повышая прочность. Вредное влияние фосфора заключается в том, что он сильно повышает температуру перехода стали в хрупкое состояние, т.е. вызывает ее хладноломкость. Вредность фосфора усугубляется тем, что он может распределяться в стали неравномерно. Поэтому содержания фосфора в стали ограничивается величиной 0,045%.Сера также является вредной примесью. Она нерастворима в железе и образует с ним сульфид железа FeS, который образует с железом легкоплавкую эвтектику. Эвтектика располагается по границам зерен и делает сталь хрупкой при высоких температурах. Это явление называется красноломкостью. Количество серы в стали ограничивается 0,05%.Водород, азот и кислород содержатся в стали в небольших количествах. Они являются вредными примесями, ухудшающими свойства стали.

 Классификация сталей

.По химическому составу стали могут быть углеродистыми, содержащими железо, углерод и примеси и легированными, содержащими дополнительно легирующие элементы, введенные в сталь с целью изменения ее свойств. По содержанию углерода стали делятся на низкоуглеродистые (до 0,25% С), среднеуглеродистые (0,25 —0,7% С) и высокоуглеродистые (более 0,7% С).

 По назначению различают стали конструкционные, идущие на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений, инструментальные, идущие на изготовление различного инструмента, а также стали специального назначения с особыми свойствами: нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие, с особыми электрическими и магнитными свойствами и др.

Чугуном называют сплав железа с углеродом, содержащий от 2,14 до 6,67% углерода. Но это теоретическое определение. На практике содержание углерода в чугунах находится в пределах 2,5-4,5%. В качестве примесей чугун содержит Si, Mn, S и Р.Классификация чугунов. В зависимости от того, в какой форме содержится углерод в чугунах, различают следующие их виды. В белом чугуне весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита. Структура белого чугуна соответствует диаграмме Fe-Fe3C. В сером чугуне большая часть углерода находится в виде графита, включения которого имеют пластинчатую форму. В высокопрочном чугуне графитные включения имеют шаровидную форму, а в ковком —хлопьевидную. Содержание углерода в виде цементита в сером, высокопрочном и ковком чугунах может составлять не более 0,8%

чугун называют также светлосердечным. Если в области эвтектоидного превращения (72()-760°С) проводить очень медленное охлаждение или даже дать выдержку, то получится ковкий ферритный чугун, металлическая основа которого состоит из феррита и очень небольшого количества перлита (до 10%). Этот чугун называют черносердечным, так как он содержит сравнительно много графита.Маркируется ковкий чугун буквами КЧ и двумя числами, показывающими предел прочности в десятых долях мегапаскаля и относительное удлинение в %. Так, чугун КЧ 45-7 имеет σв= 450 МПа и δ = 7%. Ферритные ковкие чугуны (КЧ 33-8, КЧ 37"-12) имеют более высокую пластичность, а перлитные (КЧ 50-4, КЧ 60-3) более высокую прочность. Применяют ковкий чугун для деталей небольшого сечения, работающих при ударных и вибрационных нагрузках.

4. Термическая и химико-термическая обработка стали

Термической обработкой называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутреннего строения и структуры. Различают следующие виды термической обработки: отжиг, закалка и отпуск

4.1 Отжиг

Отжигом стали называется вид термической обработки, заключающийся в ее нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении. Цели отжига —снижение твердости и улучшение обрабатываемости стали, изменение формы и величины зерна, выравнивание химического состава, снятие внутренних напряжений. Существуют различные виды отжига: полный, неполный, диффузионный, рекристаллизационный, низкий, отжиг на зернистый перлит, нормализация. Низкая скорость охлаждения обычно достигается при остывании стали вместе с печью.

Нормализация состоит из нагрева стали на 30-50°С выше линии GSE диаграммы Fe-Fe3C (рис. 19), выдержки при этой температуре и последующего охлаждения на воздухе. Более быстрое охлаждение по сравнению с обычным отжигом приводит к более мелкозернистой структуре. Нормализация —более дешевая термическая операция, чем отжиг, так как печи используют только для нагрева и выдержки. Для низкоуглеродистых сталей (до 0,3% С) разница в свойствах между нормализованным и отожженным состоянием практически отсутствует и эти стали лучше подвергать нормализации. При большем содержании углерода нормализованная сталь обладает большей твердостью и меньшей вязкостью, чем отожженная. Иногда нормализацию считают самостоятельной разновидностью термической обработки, а не видом отжига.

Закалка—это вид термической обработки, состоящий в нагреве стали до определенной температуры, выдержке и последующем быстром охлаждении. В результате закалки повышается твердость и прочность, но снижается вязкость и пластичность.

Отпуск стали—это вид термической обработки, следующий за закалкой и заключающийся в нагреве стали до определенной температуры (ниже линии PSK), выдержке и охлаждении. Цель отпуска —получение более равновесной по сравнению с мартенситом структуры, снятие внутренних напряжений, повышение вязкости и пластичности. Различают низкий, средний и высокий отпуск.

4.3 Поверхностное упрочнение стали

Поверхностная закалка состоит в нагреве поверхностного слоя стальных деталей до аустенитного состояния и быстрого охлаждения с целью получения высокой твердости и прочности в поверхностном слое в сочетании с вязкой сердцевиной. Существуют различные способы нагрева поверхности под закалку —в расплавленных металлах или солях, пламенем газовой горелки, лазерным излучением, током высокой частоты. Последний способ получил наибольшее распространение в промышленности

Химико-термическая обработка—это процесс изменения химического состава, структуры и свойств поверхности стальных деталей за счет насыщения ее различными химическими элементами. При этом достигается значительное повышение твердости и износостойкости поверхности деталей при сохранении вязкой сердцевины. К видам химико-термической обработки относятся цементация, азотирование, цианирование и др.Цементация—это процесс насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом. Цементация производится путем нагрева стальных деталей при 880-950°С в углеродосодержащей среде, называемой карбюризатором. Различают два основных вида цементации —газовую и твердую. Газовая цементация проводится в газе, содержащем метан СН4 и оксид углерода СО. Твердая цементация проводится в стальных ящиках, куда укладываются детали вперемешку с карбюризатором. Карбюризатором служит порошок древесного угля с добавкой солей Na2C03 или ВаС03.Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода (0,1-0,3%). В результате на поверхности концентрация углерода возрастает до 1,0-1,2%. Толщина цементованного слоя составляет 1-2,5 мм.

Азотированием называется процесс насыщения поверхности стали азотом. При этом повышаются не только твердость и износостойкость, но и коррозионная стойкость. Проводится азотирование при температуре 500-600°С в среде аммиака NH, в течение длительного времени (до 60 ч.)

Цианирование (нитроцементация) —это процесс одновременного насыщения поверхности стали углеродом и азотом. Проводится цианирование в расплавах цианистых солей NaCN или KCN или в газовой среде, содержащей смесь метанаСН4 и аммиака NH,. Различают низкотемпературное и высокотемпературное цианирование. Низкотемпературное цианирование проводится при температуре 500-600°С. При этом преобладает насыщение азотом. Глубина цианированного слоя составляет 0,2-0,5 мм, твердость поверхности —HV 1000.

5. ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Легированной называют сталь, содержащую специально введенные в нее с целью изменения строения и свойств легирующие элементы. Легированные стали имеют целый ряд преимуществ перед углеродистыми. Они имеют более высокие механические свойства, прежде всего, прочность. Легированные стали обеспечивают большую прокаливаемость, а также возможность получения структуры мартенсита при закалке в масле, что уменьшает опасность появления трещин и коробления деталей. С помощью легирования можно придать стали различные специальные свойства (коррозионную стойкость, жаростойкость жаропрочность, износостойкость, магнитные и электрические свойства).

Маркируются легированные стали с помощью цифр и букв, указывающих примерный химический состав стали. Первые цифры в марке показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Далее показывается содержание легирующих элементов. Каждый элемент обозначается своей буквой: Η —никель, Г —марганец, Ц —цирконий, Τ —титан, X —хром, Д —медь, С —кремний, А —азот, К —кобальт, Ρ —бор, Π —фосфор, Φ —ванадий, Μ —молибден, Б —ниобий, В —вольфрам, Ю —алюминий. Цифры, идущие после буквы, указывают примерное содержание данного легирующего элемента в процентах. При содержании элемента менее 1% цифра отсутствует. Например, сталь 12Х18Н10Т содержит приблизительно 0,12% углерода, 18% хрома, 10% никеля, менее 1% титана. Для некоторых групп сталей применяют другую маркировку, которая будет указана при рассмотрении этих сталей

6. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

6.1. Алюминий и его сплавы

Алюминий —металл серебристого цвета, характеризующийся низкой плотностью (2,7 г/см3), высокой пластичностью (δ = 40%), низкими прочностью (ση= 80МПа) и твердостью (НВ 25). Температура плавления —659°С. Обладает высокой электропроводностью и коррозионной стойкостью. Кристаллизуется в кубической гранецен-трированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Маркируется буквой А. В зависимости от количества примесей различают алюминий особой чистоты А999 (99,999% А1), высокой чистоты А995, А99, А97 и технической чистоты А85, А8, А7, А6, А5, АО. Применяется алюминий для производства фольги, электрических проводов. Как конструкционный материал используется редко вследствие малой прочности. Сплавы алюминия делятся на литейные и деформируемые.Литейные сплавы алюминия маркируются буквами АЛ и числом, показывающим условный номер сплава. Чтобы сплав обладал хорошими литейными свойствами, он должен иметь низкий температурный интервал кристаллизации. Кроме того, желательно, чтобы он имел низкую температуру плавления. Этим требованиям удовлетворяют эвтектические сплавы. Наибольшее распространение получили сплавы алюминия с кремнием, образующие эвтектику при содержании 11,6% кремния. Эти сплавы называются силуминами. Широко применяется силумин эвтектического состава АЛ2, содержащий 10-12% кремния. Он имеет очень хорошие литейные свойства, но малую прочность (σв= 180 МПа). Уменьшение содержания кремния и добавка меди, магния и марганца ухудшает литейные свойства силуминов, но улучшает механические. Кроме силуминов используются литейные сплавы алюминия с медью (АЛ7) и магнием (АЛ8), не содержащие кремния. Они обладают значительно большей прочностью, чем силумины, но их литейные свойства хуже. Деформируемые сплавы алюминия делятся на упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой. К сплавам, не упрочняемым термической обработкой относятся сплавы алюминия с марганцем (маркируется АМц) и магнием (маркируются АМг1, АМг7). Эти сплавы имеют низкую прочность, но высокую пластичность и коррозионную стойкость. К сплавам, упрочняемым термической обработкой относятся дюралюминий, ковочные сплавы, высокопрочные сплавы алюминия. Дюралюминий (дуралюмин) представляет собой сплав алюминия с медью (до 5%), марганцем (до 1,8%) и магнием (до 0,9%). Маркируется буквой Д и цифрой, показывающей порядковый номер (Д1,Д16 и др.). Подвергается термической обработке, которая состоит из закалки от температуры 500°С и естественного старения, заключающегося в выдержке при комнатной температуре в течение нескольких суток. В результате такой обработки прочность повышается в два раза (с 200-240 МПа до 450-500 МПа), а пластичность практически не меняется. Достоинством дюралюминия является высокая удельная прочность (отношение предела прочности к плотности), что особенно важно в самолетостроении. Дюралюминий выпускается в виде листов и прутков. Высокопрочные сплавы алюминия содержат кроме меди и магния дополнительно цинк (до 10%). Эти сплавы маркируются буквой В (В95, В96). Подвергаются термообработке, аналогичной термообработке дюралюминия, но

естественное старение заменяется искусственным старением, заключающимся в выдержке при температуре 120-140°С в течение 16-24ч. В результате предел прочности доходит до 600-700 МПа. Ковочные сплавы алюминия предназначены для производства деталей ковкой и штамповкой. Маркируются буквами АК и числом, показывающим порядковый номер. По химическому составу близки к дюралюминию (сплав АК1 совпадает по составу с Д1), иногда отличаясь более высоким содержанием кремния (АК6, АК8). Подвергаются аналогичной термообработке. Малая плотность и высокая удельная прочность обусловили широкое применение алюминиевых сплавов в самолетостроении. Они составляют до 75% массы пассажирских самолетов. Из дюралюминия изготовляются обшивки, каркасы, из высокопрочных сплавов —тяжело нагруженные детали, из ковочных —кованые и штампованные детали (например, лопасти винта).

6.2. Медь и ее сплавы

Медь —металл красно-розового цвета. Плотность меди 8.94 г/см3, температура плавления —1083°С. Кристаллизуется в кубической гранецентрированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Характеризуется невысокими прочностью (σ = 150-250 МПа) и твердостью (НВ 60) и хорошей пластичностью (δ = 25% в литом состоянии и δ = 50% в горячедеформированном). Обладает высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью в пресной и морской воде. Благодаря высокой электропроводности около половины производимой меди используется в электро-и радиопромышленности. Как конструкционный материал медь не используется из-за высокой стоимости и низких механических свойств. Маркируется буквой Μ и цифрами, зависящими от содержания примесей. Медь марок М00 (0,01 % примесей), М0(0,5%) и Ml(0,1%) используется для изготовления проводников электрического тока, медь М2 (0,3%) —для производства высококачественных сплавов меди, М3(0,5%) —для сплавов обыкновенного качества. Основные сплавы меди —латуни и бронзы. Латунями называют сплавы меди с цинком. Цинк повышает прочность и пластичность сплава, но до определенных пределов. Наибольшей пластичностью обладают латуни, содержащие 30% цинка, а наибольшей прочностью —45%. Поэтому более 45% цинка в латунях содержаться не может. Кроме того, цинк удешевляет сплав, так как он дешевле меди. Латуни характеризуются высокой электропроводностью и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием. По технологическому признаку латуни делятся на деформируемые и литейные. По химическому составу латуни делятся на простые (двойные), в которых присутствуют только медь и цинк и сложные (многокомпонентные), в которые для улучшения различных свойств добавлены другие элементы. Наиболее распространены добавки алюминия, олова, кремния, никеля и др.Латуни маркируются буквой Л. В деформируемых латунях указывается содержание меди и легирующих элементов, которые обозначаются соответствующими буквами (О —олово, А —алюминий, К —кремний, Η —никель, Мц —марганец, Ж —железо и т.д.). Содержание элементов дается в % после всех буквенных обозначений. Например, латунь Л63 содержит 63% меди и 37% цинка. Латунь ЛАЖ 60-1-1 содержит 60% меди, 1% алюминия, 1% железа и

38% цинка. В марках литейных латуней указывается содержание цинка, а количество легирующих элементов (в %) ставится после букв их обозначающих. Например, литейная латунь ЛЦ40Мц3А содержит 40% цинка, 3% марганца, менее 1% алюминия и 56% меди. Бронзами называются сплавы меди с оловом, алюминием, свинцом и другими элементами, среди которых цинк не является основным. Бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатываются давлением и резанием. По названию основного легирующего элемента бронзы делятся на оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовые и др.По технологическому признаку бронзы делят на деформируемые и литейные. Маркируются бронзы буквами Бр, за которыми показывается содержание легирующих элементов в %. Обозначения легирующих элементов и отличия в марках деформируемых и литейных сплавов у бронз такие же, как у латуней. Например, деформируемая бронза БрОФ 6,5-0,4 содержит 6,5% олова и 0,4% фосфора, а литейная бронза БрОЗЦ7С5Н —3% олова, 7% цинка, 5% свинца, менее 1% никеля. Особенно широкое применение в машиностроении имеют оловянные бронзы. Деформируемые оловянные бронзы обладают высокой пластичностью и упругостью. Из них изготовляют прутки, трубы, ленты. Литейные оловянные бронзы имеют хорошие литейные свойства, высокую коррозионную стойкость. Из них изготовляют арматуру, работающую в условиях пресной и морской воды. Олово —относительно дорогой металл, поэтому его стремятся частично или полностью заменить в составе бронз другими. Алюминиевые бронзы (БрА7, БрАЖН 10-4-4) обладают более высокими механическими свойствами и коррозионной стойкостью по сравнению с оловянными. Кремнистые бронзы (БрКМц 3-1) имеют хорошую упругость и поэтому используются для изготовления пружинящих деталей. Свинцовые бронзы (БрСЗО) обладают высокими антифрикционными свойствами и применяются в подшипниках скольжения. Бериллиевые бронзы (БрБ2) отличаются высокой твердостью, прочностью, упругостью и износостойкостью.6.3. Сплавы других цветных металлов Магний и его сплавы. Магний —самый легкий металл, используемый в промышленности (плотность —1,74 г/см3). Имеет гексагональную плотноупакованную решетку и полиморфных превращений не претерпевает. Температура плавления магния —651 °С. Недостатками магния являются низкая прочность и пластичность, низкая коррозионная стойкость, способность к возгоранию при нагреве. Поэтому чистый магний в качестве конструкционного материала не используется. Свойства магния значительно улучшаются при сплавлении его с другими элементами, основные из которых —алюминий, марганец и цинк. Магниевые сплавы делятся на литейные и деформируемые.Литейные сплавы маркируются буквами МЛ, а деформируемые —МА. За буквами следует условный номер сплава. Магниевые сплавы, как и алюминиевые способны к упрочняющей термообработке (закалке и старению), но эффект повышения прочности при этом невысок.

пленки. Наилучший из этих элементов —хром. При введении в стапь 12-14% хрома она становится устойчивой против коррозии в атмосфере, воде, ряде кислот, щелочей и солей. Стали, содержащие меньшее количество хрома, подвержены коррозии точно так же, как и углеродистые стали. В технике применяют хромистые и хромоникелевые коррозиониостойкие стали.Хромистые коррозиониостойкие стали могут содержать 13, 17 или 25-27% хрома. Стали марок 08X13, 12X13, 20X13 подвергаются закалке от 1000°С и отпуску при 600-700°С. Их применяют для изготовления деталей с повышенной пластичностью, работающих в слабоагрессивных средах. Стали 30X13, 40X13 подвергаются закалке и отпуску при 200-300°С. Из них изготавливают режущий, мерительный и хирургический инструмент.Стати 12X17, 15X28 имеют более высокую коррозионную стойкость. Подвергаются отжигу при температуре 700-780°С. Используются для оборудования заводов легкой и пищевой промышленности, труб, работающих в агрессивных средах, для кухонной посуды.Хромоникелевые стали обычно содержат 18% хрома и 9-12% никеля (04Х18Н10, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т и др.). Они имеют более высокую коррозионную стойкость по сравнению с хромистыми сталями, лучшие механические свойства, хорошо свариваются. Эти стали имеют аустенитную структуру. Их термообработка состоит из закалки от температуры 1100-1150°С в воде без отпуска.Хромоникелевые стали склонны к межкристаллитной коррозии. Она быстро распространяется по границам зерен без заметных внешних признаков. Это происходит вследствие образования карбидов хрома по границам зерен, что приводит к уменьшению содержания хрома в поверхностном слое зерна. Чтобы карбиды хрома не образовывались, надо либо использовать стали с пониженным содержанием углерода (до 0,04%), либо дополнительно легировать сталь титаном, связывающим углерод в карбид титана.Используются хромоникелевые стали в пищевой и химической промышленности, в холодильной технике. Поскольку никель дорогостоящий элемент, иногда его частично заменяют марганцем и используют сталь 10Χ14Γ14Η4Τ.Другие методы защиты от коррозии. Распространенным средством защиты от коррозии является нанесение на защищаемый металл различных покрытий. Металлические покрытия наносятся различными способами. При погружении в расплавленный металл поверхность изделия покрывается тонким и плотным слоем, затвердевающим после извлечения изделия. Этот способ применяется для нанесения покрытий цинком, оловом, свинцом и алюминием, температура плавления которых ниже, чем у защищаемого металла. При диффузионной металлизации изделие засыпают порошками алюминия, хрома, цинка и выдержи-вают при высокой температуре. При напылении поверхность изделия покрывают слоем расплавленного металла (цинка, алюминия, кадмия и др.) с помощью воздушной струи. При плакировании защищаемый металл подвергают совместной прокатке с защищающим (алюминием, титаном, нержавеющей сталью). Гальванический способ нанесения покрытий основан на осаждении под действием электрического тока тонкого слоя защитного металла (хрома, никеля, меди, кадмия) при погружении защищаемого изделия в раствор электролита.

Неметаллические покрытия подразделяются на лакокрасочные и эмалевые, смоляные, покрытия пленочными полимерными материалами, резиной, смазочными материалами, керамические покрытия и др. Покрытия, получаемые химической и электрохимической обработкой, превращают поверхностный слой изделия в химическое соединение, образующее сплошную защитную пленку. Наибольшее распространение имеют оксидныеи фосфатные защитные пленки.Протекторная защита основана на подсоединении к защищаемому изделию протектора с более отрицательным электрохимическим потенциалом. В афессивной среде протектор будет являться анодом и разрушаться, а защищаемое изделие —катодом и разрушаться не будет.Для уменьшения агрессивности окружающей среды в нее вводят добавки, называемые ингибиторами коррозии. Они значительно снижают скорость коррозии. Условием использования ингибиторов является эксплуатация изделия в замкнутой среде постоянного состава.Жаростойкие и жаропрочные стали.Под жаростойкими сталями понимают стали, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности при высокой температуре (свыше 550°С) . При нагреве стапи происходит окисление поверхности и образуется оксидная пленка (окалина). Дальнейшее окисление определяется скоростью проникновения атомов кислорода через эту апенку. Через пленку оксидов железа они проникают очень легко. Для повышения жаростойкости сталь легируют элементами, образующими плотную пленку, через которую атомы кислорода не проникают. Эти элементы —хром, алюминий, кремний. Так как апюминий и кремний повышают хрупкость стати, чаще всего применяют хром. Чем больше его содержание, тем более жаропрочной является сталь. Сталь 15X5 выдерживает до 600°С, 40Х9С2 —до 800°С, рассмотренные ранее 12X17 —до 900°С и 15X28 —до 1050°С.Жаропрочные материалы способны противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах. Жаропрочные стали классифицируются по структуре.Перлитные стали содержат малое количество углерода, легируются хромом молибденом, ванадием (12ХМ, 12Х1МФ). Используют для изготовления труб, паропроводов и др. деталей, длительно работающих при температуре 500-550°С.Мартенситные стали в большом количестве легированы хромом (15X11МФ, 15Х12ВНМФ). Они используются для деталей энергетического оборудования, длительно работающего при температуре 600-620°С. Особую группу мартенситных сталей составляют сильхромы, применяемые для клапанов двигателей внутреннего

сгорания. Они дополнительно легированы кремнием (40Х9С2, 40X10С2М).Аустенитные стали легированы большим количеством хрома и никеля а также другими элементами (09Х14Н16Б, 09Х14Н19В2БР). Из этих сталей изготавливают детали газовых турбин, работающих при температуре600-700°С.Для работы при более высоких температурах (700-900°С) служат сплавы на основе никеля, называемые нимониками. Примером нимоника является сплав ХН77ТЮР, содержащий кроме никеля приблизительно 20% Сr, 2,5% Ti, 1% А1.Дпя работы при температурах свыше 1000°С используют тугоплавкие металлы и их сплавы. Это —хром, ниобий, молибден, тантал, вольфрам. Они используются в атомной энергетике и в космической технике.Температуры 1500-1700°С выдерживают жаропрочные керамические материалы на основе карбида и нитрида кремния.5.3. Инструментальные стали и сплавыПо назначению инструментальные стали делятся на стали для режущего, измерительного и штампового инструмента. Кроме сталей, для изготовления режущего инструмента применяются металлокерамические твердые сплавы и минералокерамические материалы. Режущий инструмент работает в сложных условиях, подвержен интенсивному износу, при работе часто разогревается. Поэтому материал для изготовления режущего инструмента должен обладать высокой твердостью, износостойкостью и теплостойкостью. Теплостойкость —это способность сохранять высокую твердость и режущие свойства при длительном нагреве.Углеродистые инструментальные сталисодержат 0,7-1,3% уг-лерода. Они маркируются буквой У и цифрой, Показывающих со-держание углерода в десятых долях процента (У7, У8, У9, У13).Буква А в конце марки Показывает, что стапь высококачественная (У7А,У8А,У1 ЗА). Предварительная термообработка этих сталей —отжигна зернистый перлит, окончательная —закалка в воде или растворесоли и низкий отпуск. После этого структура стали представляет со-бой мартенсит с включениями зернистого цементита. Твердость ле-жит в интервале HRC56-64;Для углеродистых инструментальных сталей характерны низкая теплостойкость (до 2Ш°С) и низкая прокаливаемость (до 10-12 мм). Однако вязкая незакаленная сердцевина повышает устойчивостьинструмента против поломок при вибрациях и ударах. Кроме того, эти стали достаточно дешевы и в незакаленном состоянии сами хорошо обрабатываются.Стали У7-У9 применяются для изготовления инструмента, испытывающего ударные нагрузки (зубила, молотки, топоры). Стали У10-У13 идут на изготовление инструмента, обладающего высокой твердостью (напильники, хирургический инструмент). Стали У8-У12 применяются также для измерительного инструмента.Низколегированные инструментальные стали содержат в сумме около 1-3% легирующих элементов. Они обладают повышенной по сравнению с углеродистыми сталями прокаливаемостью, но теплостойкость их невелика —до 400°С. Основные легирующие элементы —хром, кремний, вольфрам, ванадий. Маркируются эти стали так же, как конструкционные, но содержание углерода

дается в десятых долях процента. Если первая цифра в марке отсутствует, то содержание углерода превышает 1%. Например 9ХС, ХВГ, ХВ5.Термообработка низколегированных инструментальных сталей —закалка в масле и отпуск при температуре 150-200°С. При этом обычно достигается сквозная прокаливаемость. Твердость после термообработки составляет HRC62-64.Благодаря большей прокаливаемости и закалке в масле низколегированные стали используются для изготовления инструмента большой длины и крупного сечения (например, сверл диаметром до 60 мм). Применяются для ручного инструмента по металлу и измерительного инструмента.Быстрорежущие стали предназначены для работы при высоких скоростях резания. Главное их достоинство —высокая теплостойкость (до 650°С). Это достигается за счет большого количества легирующих элементов —вольфрама, хрома, молибдена, ванадия, кобальта. Маркируются быстрорежущие сталибуквой Р, число после которой показывает среднее содержание вольфрама в %. Далее идут обозначения и содержание других легирующих элементов. Содержание углерода во всех быстрорежущих сталях приблизительно 1 %, а хрома 4%. Поэтому эти элементы в марке не указываются. Например, Р18, Р9, Р6М5, Р6М5Ф2К8.Термообработка быстрорежущих сталей заключается закалке от высоких температур (1200-1300°С) и трехкратном отпуске при 550-570°С. Трехкратный отпуск применяется для того, чтобы избавиться от остаточного аустенита, который присутствует после закалки в количестве приблизительно 30% и снижает режущие свойства. Послетермообработки сталь имеет мартенситную структуру с карбидными включениями. Твердость после термообработки составляет HRC64-65.Быстрорежущие стали применяются для инструмента, используемого для обработки металла на металлорежущих станках (резцы, фрезы, сверла). Для экономии дорогих быстрорежущих сталей режущий инструмент часто изготавливается сборным или сварным. Рабочую часть из быстрорежущей стати приваривают к основной части инструмента из конструкционной стали.Металлокерамические твердые сплавы представляют собой спеченные порошковые материалы, основой которых служат карбиды тугоплавких металлов, а связующим —кобальт. Их теплостойкость доходит до 900-1000°С, а твердость HRA80-97.Твердые сплавы делятся на три группы. Вольфрамовые изготовляются на основе карбида вольфрама и кобальта. Маркируются буквами ВК и цифрой показывающей содержание кобальта в % (ВК2, ВК6, ВК10). Титановольфрамовые твердые сплавы содержат дополнительно карбид титана. Они маркируются буквами Т, К и цифрами. После буквы Τ указывается содержание карбида титана в %, а после буквы К —кобальта (Т15К10, Т15К6). Титанотанталоволъфрамо-вые содержат дополнительно карбид титана. Маркируются буквами ТТ, после которых указывается суммарное содержание карбидов титана и тантала в % и буквой К, после которой указывается содержание кобальта (ТТ7К12, ТТ10К8).Твердые сплавы изготавливаются в виде пластин которые припаиваются к державке из углеродистой стали. Применяют твердые сплавы для резцов, сверл, фрез и другого инструмента. Главный недостаток твердых сплавов —высокая хрупкость.

6. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ6.1. Алюминий и его сплавыАлюминий —металл серебристого цвета, характеризующийся низкой плотностью (2,7 г/см3), высокой пластичностью (δ = 40%), низкими прочностью (ση= 80МПа) и твердостью (НВ 25). Температура плавления —659°С. Обладает высокой электропроводностью и коррозионной стойкостью. Кристаллизуется в кубической гранецен-трированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Маркируется буквой А. В зависимости от количества примесей различают алюминий особой чистоты А999 (99,999% А1), высокой чистоты А995, А99, А97 и технической чистоты А85, А8, А7, А6, А5, АО. Применяется алюминий для производства фольги, электрических проводов. Как конструкционный материал используется редко вследствие малой прочности. Сплавы алюминия делятся на литейные и деформируемые.Литейные сплавы алюминия маркируются буквами АЛ и числом, показывающим условный номер сплава. Чтобы сплав обладал хорошими литейными свойствами, он должен иметь низкий температурный интервал кристаллизации. Кроме того, желательно, чтобы он имел низкую температуру плавления. Этим требованиям удовлетворяют эвтектические сплавы. Наибольшее распространение получили сплавы алюминия с кремнием, образующие эвтектику при содержании 11,6% кремния. Эти сплавы называются силуминами.Широко применяется силумин эвтектического состава АЛ2, содержащий 10-12% кремния. Онимеет очень хорошие литейные свойства, но малую прочность (σв= 180 МПа). Уменьшение содержания кремния и добавка меди, магния и марганца ухудшает литейные свойства силуминов, но улучшает механические. Кроме силуминов используются литейные сплавы апюминия с медью (АЛ7) и магнием (АЛ8), не содержащие кремния. Они обладают значительно большей прочностью, чем силумины, но их литейные свойства хуже.Деформируемые сплавы алюминия делятся на упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой. К сплавам, не упрочняемымтермической обработкой относятся сплавы алюминия с марганцем (маркируется АМц) и магнием (маркируются АМг1, АМг7). Эти сплавы имеют низкую прочность, но высокую пластичность и коррозионную стойкость.К сплавам, упрочняемым термической обработкой относятся дюралюминий, ковочные сплавы, высокопрочные сплавы алюминия. Дюралюминий (дуралюмин) представляет собой сплав алюминия с медью (до 5%), марганцем (до 1,8%) и магнием (до 0,9%). Маркируется буквой Д и цифрой, показывающей порядковый номер (Д1,Д16 и др.). Подвергается термической обработке, которая состоит из закалки от температуры 500°С и естественного старения, заключающегося в выдержке при комнатной температуре в течение нескольких суток. В результате та-кой обработки прочность повышается в два раза (с 200-240 МПа до 450-500 МПа), а пластичность практически не меняется. Достоинством дюралюминия является высокая удельная прочность (отношение предела прочности к плотности), что особенно важно в самолетостроении. Дюралюминий выпускается в виде листов и прутков.Высокопрочные сплавы алюминия содержат кроме меди и магния дополнительно цинк (до 10%). Эти сплавы маркируются буквой В (В95, В96). Подвергаются термообработке, аналогичной термообработке дюралюминия, но

естественное старение заменяется искусственным старением, заключающимся в выдержке при температуре 120-140°С в течение 16-24ч. В результате предел прочности доходит до 600-700 МПа.Ковочные сплавы алюминия предназначены для производства деталей ковкой и штамповкой. Маркируются буквамиАК и числом, показывающим порядковый номер. По химическому составу близки к дюралюминию (сплав АК1 совпадает по составу с Д1), иногда отличаясь более высоким содержанием кремния (АК6, АК8). Подвергаются аналогичной термообработке.Малая плотность и высокая удельная прочность обусловили широкое применение алюминиевых сплавов в самолетостроении. Они составляют до 75% массы пассажирских самолетов. Из дюралюминия изготовляются обшивки, каркасы, из высокопрочных сплавов —тяжелонагруженные детали, из ковочных —кованые и штампованные детали (например, лопасти винта).6.2. Медь и ее сплавыМедь —металл красно-розового цвета. Плотность меди 8.94 г/см3, температура плавления —1083°С. Кристаллизуется в кубической гранецентрированной решетке и полиморфных превращений не имеет.Характеризуется невысокими прочностью (σ = 150-250 МПа) и твердостью (НВ 60) и хорошей пластичностью (δ = 25% в литом состоянии и δ = 50% в горячедеформированном). Обладает высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью в пресной и морской воде. Благодаря высокой электропроводности около половины производимой меди используется в электро-и радиопромышленности. Как конструкционный материал медь не используется из-за высокой стоимости и низких механических свойств. Маркируется буквой Μ и цифрами, зависящими от содержания примесей. Медь марок М00 (0,01 % примесей), М0(0,5%) и Ml(0,1%) используется для изготовле-ния проводников электрического тока, медь М2 (0,3%) —для производства высококачественных сплавов меди, М3(0,5%) —для сплавов обыкновенного качества. Основные сплавы меди —латуни и бронзы.Латунями называют сплавы меди с цинком. Цинк повышает прочность и пластичность сплава, но до определенных пределов. Наибольшей пластичностью обладают латуни, содержащие 30% цинка, а наибольшей прочностью —45%. Поэтому более 45% цинка в латунях содержаться не может. Кроме того, цинк удешевляет сплав, так как он дешевле меди. Латуни характеризуются высокой электропроводностью и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием.По технологическому признаку латуни делятся на деформируемые и литейные. По химическому составу латуни делятся на простые (двойные), в которых присутствуют только медь и цинк и сложные (многокомпонентные), в которые для улучшения различных свойств добавлены другие элементы. Наиболее распространены добавки алюминия, олова, кремния, никеля и др.Латуни маркируются буквой Л. В деформируемых латунях указывается содержание меди и легирующих элементов, которые обозначаются соответствующими буквами (О —олово, А —алюминий, К —кремний, Η —никель, Мц —марганец, Ж —железо и т.д.). Содержание элементов дается в % после всех буквенных обозначений. Например, латунь Л63 содержит 63% меди и 37% цинка. Латунь ЛАЖ 60-1-1 содержит 60% меди, 1% алюминия, 1% железа и

38% цинка. В марках литейных латуней указывается содержание цинка, а количество легирующих элементов (в %) ставится после букв их обозначающих. Например, литейная латунь ЛЦ40Мц3А содержит 40% цинка, 3% марганца, менее 1% алюминия и 56% меди.Бронзами называются сплавы меди с оловом, алюминием, свинцом и другими элементами, среди которых цинк не является основным.Бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатываются давлением и резанием. По названию основного легирующего элемента бронзы делятся на оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовые и др.По технологическому признаку бронзы делят на деформируемые и литейные. Маркируются бронзы буквами Бр, за которыми показывается содержание легирующих элементов в %. Обозначения легирующих элементов и отличия в марках деформируемых и литейных сплавов у бронз такие же, как у латуней. Например, деформируемая бронза БрОФ 6,5-0,4 содержит 6,5% олова и 0,4% фосфора, алитейная бронза БрОЗЦ7С5Н —3% олова, 7% цинка, 5% свинца, менее 1% никеля.Особенно широкое применение в машиностроении имеют оловянные бронзы. Деформируемые оловянные бронзы обладают высокой пластичностью и упругостью. Из них изготовляют прутки, трубы, ленты. Литейные оловянные бронзы имеют хорошие литейные свойства, высокую коррозионную стойкость. Из них изготовляют арматуру, работающую в условиях пресной и морской воды. Олово —относительно дорогой металл, поэтому его стремятся частично или полностью заменить в составе бронз другими.Алюминиевые бронзы (БрА7, БрАЖН 10-4-4) обладают более высокими механическими свойствами и коррозионной стойкостью по сравнению с оловянными. Кремнистые бронзы (БрКМц 3-1) имеют хорошую упругость и поэтому используются для изготовления пружинящих деталей. Свинцовые бронзы (БрСЗО) обладают высокими антифрикционными свойствами и применяются в подшипниках скольжения. Бериллиевые бронзы (БрБ2) отличаются высокой твер-достью, прочностью, упругостью и износостойкостью.6.3. Сплавы других цветных металловМагний и его сплавы. Магний —самый легкий металл, используемый в промышленности (плотность —1,74 г/см3). Имеет гексагональную плотноупакованную решетку и полиморфных превращений не претерпевает. Температура плавления магния —651 °С. Недостатками магния являются низкая прочность и пластичность, низкая коррозионная стойкость, способность к возгоранию при нагреве. Поэтому чистый магний в качестве конструкционного материала не используется. Свойства магния значительно улучшаются при сплавлении его с другими элементами, основные из которых —алюминий, марганец и цинк. Магниевые сплавы делятся на литейные и деформируемые.Литейные сплавы маркируются буквами МЛ, а деформируемые —МА. За буквами следует условный номер сплава. Магниевые сплавы, как и алюминиевые способны к упрочняющей термообработке (закалке и старению), но эффект повышения прочности при этом невысок.

Основное преимущество сплавов магния —легкость. Поэтому они применяются в авиа-и ракетостроении. Сплавы магния хорошо свариваются и обрабатываются резанием, но имеют невысокую коррозионную стойкость. Титан и его сплавы. Титан —легкий (плотность 4,5 г/см3) и пластичный металл серебристо-белого цвета. Температура плавления титана —1665°С. Он обладает низкой электропроводностью и теплопроводностью. Механические свойства титана: σ ≈300МПа, δ = 60-70%. Главное достоинство титана и его сплавов —высокая коррозионная стойкость. Она достигается за счет образования на его поверхности плотной оксидной пленки. Недостатки титана —склонность к взаимодействия с газами при температурах выше 500-600°С, плохая обрабатываемость резанием, высокая стоимость Главная цель легирования титана —повышение механических свойств. Основными легирующими элементами являются алюминий, хром, молибден, ванадий, марганец. По технологическому признаку сплавы титана делятся на литейные и деформируемые. Маркируются титановые сплавы чаще всего буквами ВТ. Среди сплавов титана имеются обладающие высокой прочностью (ВТ6, ВТ 14 с σ = 1000-1200 МПа), жаропрочностью до 500°С (ВТЗ-1, ВТ8). Литейные сплавы титана (ВТ5Л, ВТ6Л) обладают хорошими литейными свойствами. Используются титановые сплавы в химической промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости, в ракетной и авиационной технике благодаря легкости и высокой удельной прочности. Другие цветные металлы нашли меньшее применение в технике. Тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, хром, тантал, ниобий) и никель, а также их сплавы используются как жаропрочные. Сплавы легкоплавких металлов (олова, цинка, свинца) используются в подшипниках скольжения (эти сплавы называются баббиты) и в качестве припоев для пайки металлов. Кроме того, значительная часть цинка расходуется на нанесение покрытий на металлические изделия, олова —на лужение консервной жести, свинца —на изготовление оболочек

электрических кабелей, производство свинцовых аккумуляторов, емкостей для хранения радиоактивных материалов.

7. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

7.1. Пластические массы

Свойства, состав и классификация пластмасс. Пластическими массами (пластмассами) называются материалы, получаемые на основе природных или синтетических полимеров. Пластмассы являются важнейшими современными конструкционными материалами. Они обладают рядом ценных свойств: малой плотностью (до 2 г/см3), высокой удельной прочностью, низкой теплопроводностью, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами, звукоизоляционными свойствами. Некоторые пластмассы обладают оптической прозрачностью, фрикционными и антифрикционными свойствами, стойкостью к истиранию и др. Кроме того, пластмассы имеют хорошие технологические свойства: легко формуются, прессуются, обрабатываются резанием, их можно склеивать и сваривать. Недостатками пластмасс являются низкая теплостойкость, низкая ударная вязкость, склонность к старению для ряда пластмасс. Основой пластмасс являются полимерные связующие вещества. Кроме связующих в состав пластмасс входят: наполнители для повышения прочности и придания специальных свойств; мистификаторы для повышения пластичности, что необходимо при изготовлении изделий из пластмасс; отвердители, ускоряющие переход пластмасс в неплавкое, твердое и нерастворимое состояние; стабилизаторы, предотвращающие или замедляющие процесс старения; красители. По поведению при нагреве все пластмассы делятся на термопластичные и термореактивные. Термопластичные при неоднократном нагревании и охлаждении каждый раз размягчаются и затвердевают. Термореактивные при нагревании размягчаются, затем еще до охлаждения затвердевают (вследствие протекания химических реакций) и при повторном нагревании остаются твердыми. По виду наполнителя пластмассы делятся на порошковые, волокнистые, слоистые, газонаполненные и пластмассы без наполнителя. По способу переработки в изделия пластмассы подразделяются на литьевые и прессовочные. Литьевые перерабатываются в изделия методами литьевого прессования и являются термопластичными. Прессовочные перерабатываются в изделия методами горячего прессования и являются термореактивными.По назначению пластмассы делятся на конструкционные, химически стойкие, прокладочные и уплотнительные, фрикционные и антифрикционные, теплоизоляционные и теплозащитные, электроизоляционные, оптически прозрачные, облицовочно-декоративные и отделочные. Слоистые пластмассы получают прессованием (или намоткой) слоистых наполнителей, пропитанных смолой. Они обычно выпускаются в виде листов, плит, труб, из которых механической обработкой получают различные детали. Текстолит —это материал, полученный прессованием пакета кусков хлопчатобумажной ткани, пропитанной смолой. Обладает хорошей "способностью поглощать вибрационные нагрузки, электроизоляционными свойствами. Теплостоек до 80°С. Стеклотекстолит отличается от текстолита тем, что в качестве наполнителя используется стеклоткань. Более прочен и теплостоек, чем текстолит, имеет лучшие электроизоляционные свойства. В асботекстолите

наполнителем является асбестовая ткань. Кроме электроизоляционных, он имеет хорошие теплоизоляционные и фрикционные свойства. Гетинакс представляет собой материал, полученный прессованием нескольких слоев бумаги, пропитанной смолой. Он обладает электроизоляционными свойствами, устойчив к действию химикатов, может применяться при температуре до 120-140°С. Стекловолокнистый анизотропный материал (СВАМ) получают прессованием листов стеклошпона, пропитанных смолой. Стеклошпон изготовляется из стеклянных нитей, которые склеиваются между собой сразу после изготовления. Листы стеклошпона располагаются в материале так, чтобы волокна соседних листов располагались под углом90°. СВАМ обладает высокой прочностью, хорошими электроизоляционными свойствами, теплостоек до 200-400°.Волокнистые пластмассы представляют собой композиции из волокнистого наполнителя, пропитанного смолой. Они делятся на волокниты, асбоволокниты и стекловолокниты. В волокнитах в качестве наполнителя применяется хлопковое волокно. Они используются для относительно крупных деталей общетехнического назначения с повышенной стойкостью к ударным нагрузкам. Асбоволокниты имеют наполнителем асбест —волокнистый минерал, расщепляющийся на тонкое волокно диаметром 0,5 мкм. Обладают теплостойкостью до 200°С, устойчивостью к ударным воздействиям, химической стойкостью, электроизоляционными и фрикционными свойствами. Стекловолокниты имеют в качестве наполнителя короткое стекловолокно или стеклонити. Прочность, электроизоляционные свойства и водостойкость стекловолокнитов выше, чем у волокнитов. Применяются для изготовления деталей, обладающих повышенной прочностью. Порошковые пластмассы в качестве наполнителя используют органические порошки (древесная мука, порошкообразная целлюлоза) и минеральные порошки (молотый кварц, тальк, цемент, графит). Эти пластмассы обладают невысокой прочностью, низкой ударной вязкостью, электроизоляционными свойствами. Пластмассы с органическими наполнителями применяются для ненагруженных деталей общетехнического назначения —корпусов приборов, рукояток, кнопок. Минеральные наполнители придают порошковым пластмассам химическую стойкость, водостойкость, повышенные электроизоляционные свойства. Рассмотренные выше пластмассы со слоистыми, волокнистыми и порошковыми наполнителями имеют чаще всего термореактивные связующие, хотя имеются пластмассы с термопластичными связующими. Пластмассы без наполнителя чаше всего являются термопластичными материалами. Рассмотрим наиболее важные из них. Полиэтилен (-CH2-CH2-)n—продукт полимеризации бесцветного газа —этилена. Один из самых легких материалов (плотность 0,92 г/см3), имеет высокую эластичность, химически стоек, морозостоек. Недостатки —склонность к старению и невысокая теплостойкость (до 60°С). Используется для изготовления пленки, изоляции проводов, изготовления коррозионно-стойких труб, уплотнительных деталей. Занимает первое место в общем объеме производства пластмасс. Полипропилен (-СН2-СНС6Н.-)n—продукт полимеризации газа пропилена. По свойствам и применению аналогичен полиэтилену, но более теплостоек (до 150°С) и менее морозостоек (до -10°С).

Поливинилхлорид (-СН2-СНСl-)n используется для производства винипласта и пластиката. Винипласт представляет собой твердый листовой материал, полученный из поливинилхлорида без добавки пластификаторов. Обладает высокой прочностью, химической стойкостью, электроизоляционными свойствами. Пластикат получают при добавлении в поливинилхлорид пластификаторов, повышающих его пластичность и морозостойкость. Полистирол (-CH2-CHC6H5-)n—твердый, жесткий, прозрачный полимер. Имеет очень хорошие электроизоляционные свойства. Его недостатки —низкая теплостойкость, склонность к старению и растрескиванию. Используется в электротехнической промышленности. Органическое стекло —прозрачный термопластичный материал на основе полиакриловой смолы. Отличается высокой оптической прозрачностью, в 2 раза легче минеральных стекол, обладает химической стойкостью. Недостатки —низкая твердость и низкая теплостойкость. Используется для остекления в автомобиле-и самолетостроении, для прозрачных деталей в приборостроении. Фторопласты имеют наибольшую термическую и химическую стойкость из всех термопластичных полимеров. Фторопласт-4 (-CF2-CF2-)n водостоек, не горит, не растворяется в обычных растворителях, обладает электроизоляционными и антифрикционными свойствами. Применяется для изготовления изделий, работающих в агрессивных средах при высокой температуре, электроизоляции и др. Фторопласт-3 (-CF2-CFCl-)nпо свойствам и применению аналогичен фторопласту-4, уступая ему по термо-и химической стойкости и превосходя по прочности и твердости. Газонаполненные пластмассы представляют собой материалы на основе синтетических смол, содержащие газовые включения. В пенопластах поры, заполненные газом, не соединяются друг с другом и образуют замкнутые объемы. Они отличаются малой плотностью (0,02-0,2 г/см3), высокими тепло-, звуко-и электроизоляционными свойствами, водостойкостью. Недостатки пенопластов —низкая прочность и низкая теплостойкость (до 60°С). Используются для теплоизоляции и звукоизоляции, изготовления непотопляемых плавучих средств, в качестве легкого заполнителя различных конструкций. Мягкие виды пенопластов используются для изготовления мебели, амортизаторов и т.п.Поропласты —это газонаполненные пластмассы, поры которых сообщаются между собой. Их плотность составляет 0,02-0,5 г/см3. Они представляют собой мягкие эластичные материалы, обладающие водопоглощением.7.2. Резиновые материалы Резина представляет собой искусственный материал, получаемый в результате специальной обработки резиновой смеси, основным компонентом которой является каучук. Каучук —это полимер, отличительной особенностью которого является способность к очень большим обратимым деформациям при небольших нагрузках. Это свойство объясняется строением каучука. Его макромолекулы имеют вытянутую извилистую форму. При нагрузке происходит выпрямление макромолекул, что и объясняет большие деформации. При разгрузке макромолекулы принимают исходную форму. Различают натуральный и синтетический каучук.

7.3. Древесные материалы

Древесина —это органический материал растительного происхождения, представляющий собой сложную ткань древесных растений. Она составляет

основную массу ствола деревьев. Древесина является волокнистым материалом, причем волокна в ней расположены вдоль ствола. Поэтому для нее характерна анизотропия, т.е. ее свойства вдоль и поперек волокон различны. Достоинствами древесины являются относительно высокая прочность; малая объемная масса и, следовательно, высокая удельная прочность; хорошее сопротивление ударным и вибрационным нагрузкам; малая теплопроводность и, следовательно, хорошие теплоизоляционные свойства; химическая стойкость; хорошая технологичность (легкость обработки и изготовления изделий). К недостаткам древесины следует отнести гигроскопичность, т.е. способность впитывать влагу, и возникающую из-за изменения влажности нестабильность свойств и размеров (усушка и набухание), а также отсутствие огнестойкости, неоднородность строения, склонность к гниению. Для защиты древесины от увлажнения, загнивания и воспламенения производят окраску лаками и красками, опрыскивание и пропитку специальными химическими веществами. Материалы из древесины можно разделить на лесоматериалы, сохраняющие природную физическую структуру и химический состав древесины и древесные материалы, полученные путем специальной обработки исходной древесины. В свою очередь лесоматериалы подразделяются на необработанные (круглые), пиломатериалы, лущеные (древесный шпон) и колотые.Круглые лесоматериалы получают из спиленных деревьев после очистки от ветвей, разделения поперек ствола на части требуемой длины и окорки. Они применяются в строительстве, в качестве опор и столбов линий электропередач, в качестве сырья. Пиломатериалы получают лесопилением. Пиломатериалы с опиленными кромками называют обрезными, неопиленными —необрезными. Подвергающиеся после пиления дальнейшей обработки называют стругаными. Пиломатериалы делятся в зависимости от поперечного сечения на следующие виды: брусья (толщина или ширина больше 100 мм), бруски (ширина не более двойной толщины), доски (ширина более двойной толщины), планки (узкие и тонкие доски).Древесный шпон —это широкая ровная стружка древесины, получаемая путем лущения. Толщина листов шпона 0,5-1,5 мм. Используется шпон в качестве полуфабрикатов для изготовления фанеры, облицовочного материала для изделий из древесины. К материалам, полученным путем специальной обработки древесины можно отнести фанеру, прессованную и модифицированную древесину, древесностружечные и древесноволокнистые плиты и др. Фанера —это листовой материал, полученный путем склейки листов шпона. При этом волокна соседних листов находятся под прямым углом друг к другу. Толщина фанеры от 1 до 12 мм, более толстые материалы называют плитами. Столярные плиты представляют собой трехслойные щиты, состоящие из реечного заполнителя, оклеенного с обеих сторон древесным шпоном. Прессованная древесина —это материал, получаемый при горячем прессовании брусков, досок и других заготовок поперек волокон под давлением до 30 МПа. В результате прочность возрастает по сравнению с исходной более чем в два раза. Модифицированная древесина представляет собой материал, полученный при обработке древесины каким-либо химическим веществам (смолой, аммиаком и др.) с целью повышения механических свойств и придания водостойкости. Древесностружечные плиты изготовляют прессованием древесной стружки со связующим. Плиты могут быть облицованными шпоном, фанерой или

бумагой. Древесноволокнистые плиты изготовляют путем прессования древесных волокон при высокой температуре, иногда с добавлением связующих веществ.

7.4. Неорганические материалы

Стеклом называется твердый аморфный термопластичный материал получаемый переохлаждением расплава различных оксидов. В состав стекла входит стеклообразующие кислотные оксиды (SiO,, А12O3, В2O3и др.), а также основные оксиды (Κ,Ο, CaO, Na2Oи др.), придающие ему специальные свойства и окраску. Оксид кремния Si02является основой практически всех стекол и входит в их состав в количестве 50 —100%. По назначению стекла подразделяются на строительные (оконные, витринные и др.), бытовые (стеклотара, посуда, зеркала и др.) и технические (оптические, свето-и электротехнические, химико-лабораторные, приборные и др.).Важными свойствами стекла являются оптические. Обычное стекло пропускает около 90%, отражает —8% и поглощает —1 % видимого света. Механические свойства стекла характеризуются высоким' сопротивлением сжатию и низким —растяжению. Термостойкость стекла определяется разностью температур которую оно может выдержать без разрушения при резком охлаждении в воде. Для большинства стекол термостойкость колеблется от 90 до 170°С, а для кварцевого стекла, состоящего из чистого SiO2—1000°С. Основной недостаток стекла —высокая хрупкость.

 Керамика —это неорганический минеральный материал, получаемый из отформованного минерального сырья путем спекания при высоких температурах (1200-2500°С). Структура керамики состоит из кристаллической, стекловидной (аморфной) и газовой фазы. Кристаллическая фаза является основой керамики, ее количество составляет до 100%. Она представляет собой различные химические соединения и твердые растворы. Стекловидная фаза находится в керамике в виде прослоек стекла. Ее количество составляет до 40%. Она снижает качество керамики. Газовая фаза представляет собой газы, находящиеся в порах керамики. По назначению керамика может быть разделена на строительную, бытовую и художественно-декоративную, техническую. Строительная ( например, кирпич) и бытовая (например, посуда) чаще всего имеет в структуре газонаполненные поры и изготовляется из глины. Техническая керамика имеет почти однофазную кристаллическую структуру и изготовляется из чистых оксидов (реже карбидов, боридов или нитридов). Основные оксиды, используемые для производства керамики —А1203, ZnO2, MgO, CaO, ВеО. Техническая керамика используется в качестве огнеупорного, конструкционного и инструментального материала. Она обладает высокой прочностью при сжатии и низкой при растяжении. Главный недостаток керамики, как и стекла —высокая хрупкость. Ситаллы представляют собой материалы, полученные путем кристаллизации стекол. Ситаллы изготовляют путем плавления стекольного материала с добавкой катализаторов кристаллизации. Далее расплав охлаждается до пластического состояния и из него формуются изделия. Кристаллизация обычно происходит при повторном нагревании изделий. По структуре ситаллы занимают промежуточное место между стеклом и керамикой. Их структура состоит из зерен кристаллической фазы, скрепленных стекловидной прослойкой. Содержание кристаллической фазы составляет 30-95%. Пористость отсутствует. Ситаллы характеризуются исключительной

мелкозернистостью. По внешнему виду могут быть прозрачными и не прозрачными. Структура ситаллов определяет их свойства. Ситаллы имеют высокую твердость, высокую прочность при сжатии и низкую при растяжении, обладают жаропрочностью до 900-1200°С, жаростойкостью, износостойкостью. Они характеризуются высокой химической стойкостью и хорошими электроизоляционными свойствами. Ситаллы отличаются хрупкостью, однако меньшей, чем стекло. Применяются ситаллы для деталей, работающих при высоких температурах и в агрессивных средах, деталей радиоэлектроники, инстру-ментов.7.5 Композиционные материалы Композиционными называют сложные материалы в состав которых входят отличающиеся по свойствам нерастворимые друг в друге компоненты. Основой композиционных материалов является сравнительно пластичный материал, называемый матрицей. В матрице равномерно распределены более твердые и прочные вещества, называемые упрочнителями или наполнителями. Матрица может быть металлической, полимерной, углеродной, керамической. По типу упрочнителя композиционные материалы делятся на дисперсноупрочненные, в которых упрочнителем служат дисперсные частицы оксидов, карбидов, нитридов и др., волокнистые, в которых упрочнителем являются волокна различной формы и слоистые, состоящие из чередующихся слоев волокон и листов матричного материала.Среди дисперсноупрочненных материалов ведущее место занимает САП (спеченная алюминиевая пудра), представляющий собойалюминий, упрочненный дисперсными частицами оксида алюминия. Получают САП из окисленной с поверхности алюминиевой пудры путем последовательного брикетирования, спекания и прессования. Структура САП состоит из алюминиевой основы с равномерно распределенными частицами А120,. С увеличением содержания А1,03 повышается прочность, твердость, жаропрочность САП, но снижается его пластичность. Марки САП-1, САП-2, САП-3, САП-4 содержат, соответственно, 6-8,9-12, 13-17, 18-22% А12ОгВысокая прочность САП объясняется большой дисперсностью упрочнителя и малым расстоянием между его частицами. По жаропрочности САП превосходит все алюминиевые сплавы.В волокнистых композиционных материалах упрочнителем служат углеродные, борные, синтетические, стеклянные и др. волокна, нитевидные кристаллы тугоплавких соединений (карбиды кремния, оксиды алюминия и др.) или металлическая проволока (стальная, вольфрамовая и др.). Свойства материала зависят от состава компонентов, количественного соотношения и прочности связи между ними. Для металлических композиционных материалов прочная связь между волокном и матрицей достигается благодаря их взаимодействию. Связь между компонентами в композиционных материалах на неметаллической основе осуществляется с помощью адгезии. Повышение адгезии волокон к матрице достигается их поверхностной обработкой. Производится осаждение нитевидных кристаллов на поверхность волокон. При этом получаются «мохнатые» волокна с улучшенной адгезией, благодаря чему улучшаются механические свойства композиционного материала.

Среди неметаллических волокнистых композиционных материалов наибольшее распространение получили материалы с полимерной матрицей. Материалы, содержащие в качестве упрочнителя углеродные волокна, называются карбоволокнитами. Они обладают низкими теплопроводностью и электропроводностью, хорошей износостойкостью. Недостаток кабоволокнитов —низкая прочность при сжатии и сдвиге. Материалы с упрочнителем в виде волокон бора называют бороволокнитами. Они характеризуются высокой прочностью при растяжении, сжатии и сдвиге, высокими твердостью и модулем упругости, тепло-и электропроводностью. Материалы, содержащие в качестве упрочнителя синтетические волокна (капрон, лавсан и др.), называются органоволокнитами. Они обладают высокой удельной прочностью в сочетании с хорошей пластичнос-тью и ударной вязкостью, электроизоляционными свойствами.Волокнистые композиционные материалы на металлической основе имеют более высокие характеристики, зависящие от свойств матрицы. В качестве матрицы используются металлы, имеющие небольшую плотность (алюминий, магний, титан), их сплавы, а также никель для создания жаропрочных материалов. В качестве упрочни-теля используют стальную проволоку (наиболее дешевый материал), борные и углеродные волокна. При создании жаропрочных компо-зиционных материалов на основе никеля используется вольфрамовая проволока.