

ЛЕКЦИЯ 7: Цветные металлы и сплавы. Медь, латуни и бронзы – свойства и применение. Алюминиевые сплавы. Сплавы на основе титана. Антифрикционные сплавы. Неметаллические материалы. Резиновые материалы. Древесные материалы. Неорганические материалы. Композиционные материалы.

Цветные металлы и сплавы

Алюминий и его сплавы

Алюминий — металл серебристого цвета, характеризующийся низкой плотностью ($2,7 \text{ г/см}^3$), высокой пластичностью ($\delta=40\%$), низкими прочностью ($\sigma_{\text{в}}= 80\text{МПа}$) и твердостью (НВ 25). Температура плавления — 659°C . Обладает высокой электропроводностью и коррозионной стойкостью. Кристаллизуется в кубической гранецентрированной 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, А0. 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 ($\sigma_{\text{в}} = 180 \text{ МПа}$). 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°C 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°C 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 изготавливаются обшивки, каркасы, из высокопрочных сплавов — тяжело нагруженные детали, из ковочных — кованные и штампованные детали (например, лопасти винта).

Медь и ее сплавы

Медь — металл красно-розового цвета. Плотность меди 8.94 г/см^3 , температура плавления — 1083°C . Кристаллизуется в кубической гранцентрированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Характеризуется невысокими прочностью ($\sigma_{\text{в}} = 150\text{-}250 \text{ МПа}$) и твердостью (НВ 60) и хорошей пластичностью ($\delta = 25\%$ в литом состоянии и $\delta = 50\%$ 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 М и цифрами, зависящими от содержания примесей. Медь марок М00 (0,01 % примесей), М0 (0,5%) и М1 (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, Н — 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 изготавливают прутки, трубы, ленты. Литейные оловянные бронзы имеют хорошие литейные свойства, высокую коррозионную стойкость. Из них изготавливают 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.

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. Магниевого сплавы делятся на литейные и деформируемые. Литейные сплавы маркируются буквами МЛ, а деформируемые — МА. За буквами следует условный номер сплава. Магниевого 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 $4,5 \text{ г/см}^3$) и пластичный металл серебристо-белого цвета. Температура плавления титана — 1665°C . Он обладает низкой электропроводностью и теплопроводностью. Механические свойства титана: $\sigma \approx 300 \text{ МПа}$, $\delta = 60\text{-}70\%$. Главное достоинство титана и его сплавов — высокая коррозионная стойкость. Она достигается за счет образования на его поверхности плотной оксидной пленки. Недостатки титана — склонность к взаимодействию с газами при температурах выше $500\text{-}600^\circ\text{C}$, 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 $\sigma = 1000\text{-}1200 \text{ МПа}$), жаропрочностью до 500°C (ВТ3-1, 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.

Неметаллические материалы

Пластические массы

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 клеивать 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°C. **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°C. **Стекловолоконный анизотропный материал (СВАМ)** получают прессованием листов стеклошпона, пропитанных смолой. Стеклошпон изготавливается из стеклянных нитей, которые склеиваются между собой сразу после изготовления. Листы стеклошпона располагаются в материале так, чтобы волокна соседних листов располагались под углом 90°. 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 стекловолоконниты.

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°C, устойчивостью к ударным воздействиям, химической стойкостью, электроизоляционными и фрикционными свойствами. Стекловолоконниты имеют в качестве наполнителя короткое стекловолокно или стеклонити. Прочность, электроизоляционные свойства и водостойкость стекловолоконнитов 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 чаще всего являются термопластичными материалами. Рассмотрим наиболее важные из них.

Полиэтилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ — продукт полимеризации бесцветного газа — этилена. Один из самых легких материалов (плотность $0,92 \text{ г/см}^3$), имеет высокую эластичность, химически стоек, морозостоек. Недостатки — склонность к старению и невысокая теплостойкость (до 60°C). Используется для изготовления пленки, изоляции проводов, изготовления коррозионно-стойких труб, уплотнительных деталей. Занимает первое место в общем объеме производства пластмасс.

Полипропилен $(-\text{CH}_2-\text{CHC}_6\text{H}_5-)_n$ — продукт полимеризации газа пропилена. По свойствам и применению аналогичен полиэтилену, но более теплостоек (до 150°C) и менее морозостоек (до -10°C).

Поливинилхлорид $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$ используется для производства винипласта и пластиката. Винипласт представляет собой твердый листовый 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 $(-\text{CH}_2-\text{CHC}_6\text{H}_5-)_n$ — 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 $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ 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 $(-\text{CF}_2-\text{CFCl}-)_n$ по 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°C). 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.

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. Натуральный каучук добывают из некоторых видов тропических растений в незначительных количествах. Поэтому производство резины основано на применении синтетических каучуков. Сырьем для производства синтетического каучука служит спирт, на смену которому приходит нефтехимическое сырье.

Резину получают из каучука путем **вулканизации**, т.е. в процессе химического взаимодействия каучука с вулканизатором при высокой температуре. Вулканизатором чаще всего является сера. В процессе вулканизации сера соединяет нитевидные молекулы каучука и образуется пространственная сетчатая структура. В зависимости от количества серы получается различная частота сетки. При введении 1 -5% серы образуется редкая сетка и резина получается мягкой. С увеличением содержания серы сетка становится все более частой, а резина более твердой и приблизительно при 30% серы получается твердый материал, называемый эбонитом.

Кроме каучука и вулканизатора в состав резины входит ряд других веществ. **Наполнители** вводят в состав резины от 15 до 50% к массе каучука. Активные наполнители (сажа, оксид цинка и др.) служат для повышения механических свойств резин. Неактивные наполнители (мел, тальк и др.) снижают стоимость резиновых изделий. **Пластификаторы** (парафин, вазелин, стеариновая кислота, мазут, канифоль и др.) предназначены для

облегчения переработки резиновой смеси, повышения эластичности и морозостойкости резины. **Противостарители** служат для замедления процесса старения резины, приводящего к ухудшению ее эксплуатационных свойств. **Красители** служат для придания резине нужного цвета. В резину также добавляются регенераты — продукты переработки старых резиновых изделий и отходы резинового производства. Они снижают стоимость резин.

Основное свойство резины — очень высокая эластичность. Резина способна к большим деформациям, которые почти полностью обратимы. Кроме того, резина характеризуется высоким сопротивлением разрыву и истиранию, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами, небольшой плотностью, малой сжимаемостью, низкой теплопроводностью.

По назначению резины подразделяются на резины общего и специального назначения. Из резин общего назначения изготавливаются автомобильные шины, транспортерные ленты, ремни ременных передач, изоляция кабелей, рукава и шланги, уплотнительные и амортизационные детали, обувь и др. Резины общего назначения могут использоваться в горячей воде, слабых растворах щелочей и кислот, а также на воздухе при температуре от -10 до $+150^{\circ}\text{C}$.

Резины специального назначения подразделяются на теплостойкие, которые могут работать при температуре до $250-350^{\circ}\text{C}$; морозостойкие, выдерживающие температуру до -70°C ; маслобензостойкие, работающие в среде бензина, других топлив, масел и нефтепродуктов; светоозоностойкие, не разрушающиеся при работе в атмосферных условиях в течении нескольких лет, стойкие к действию сильных окислителей; электроизоляционные, применяемые для изоляции проводов и кабелей; электропроводящие, способные проводить электрический ток.

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, лущенные (древесный шпон) и колотые.

Круглые лесоматериалы получают из спиленных деревьев после очистки от ветвей, деления 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 листовый 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 веществом (смолой, аммиаком и др.) с целью повышения механических свойств и придания водостойкости. **Древесностружечные плиты** изготавливают прессованием древесной стружки со связующим. Плиты могут быть облицованными шпоном, фанерой или бумагой. Древесноволокнистые плиты изготавливают путем прессования древесных

волокон при высокой температуре, иногда с добавлением связующих веществ.

Неорганические материалы

Стеклом называется твердый аморфный термопластичный материал получаемый переохлаждением расплава различных оксидов. В состав стекла входит стеклообразующие кислотные оксиды (SiO , Al_2O_3 , B_2O_3 и др.), а также основные оксиды (K , O , CaO , Na_2O и др.), придающие ему специальные свойства и окраску. Оксид кремния SiO_2 является 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°C, а для кварцевого стекла, состоящего из чистого SiO_2 — 1000°C. Основной недостаток стекла — высокая хрупкость.

Керамика — это неорганический минеральный материал, получаемый из отформованного минерального сырья путем спекания при высоких температурах (1200-2500°C). 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 изготавливается из глины. Техническая керамика имеет почти однофазную кристаллическую структуру и изготавливается из чистых оксидов (реже карбидов, боридов или нитридов). Основные оксиды, используемые для производства керамики — Al_2O_3 , ZnO_2 , MgO , CaO , BeO . 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 изготавливают путем плавления стекольного материала с добавкой катализаторов кристаллизации. Далее расплав охлаждается до пластического состояния и из него формируются 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 непрозрачными.

Структура ситаллов определяет их свойства. Ситаллы имеют высокую твердость, высокую прочность при сжатии и низкую при растяжении, обладают жаропрочностью до $900-1200^{\circ}C$, 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, инструментов.

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 собой алюминий, 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 Al_2O_3 . С увеличением содержания Al_2O_3 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% Al_2O_3 . Высокая 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 получают «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 карбоволокнитов — 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 пластичностью 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 упрочнителя используют стальную проволоку (наиболее дешевый материал), борные и углеродные волокна. При создании жаропрочных композиционных материалов на основе никеля используется вольфрамовая проволока.