Машиностроительные материалы и их свойства

 **Содержание**

Раздел 

1. Конструкционные стали и сплавы.

1.1. Углеродистые конструкционные стали.

1.2.Легированные конструкционные стали.

1.3. Строительные низкоуглеродистые стали.

1.4. Арматурные стали.

1.5. Стали для холодной штамповки.

1.6. Конструкционные (машиностроительные) цементируемые (нитроцементуемые) легированные стали.

1.7. Конструкционные (машиностроительные) улучшаемые легированные стали.

1.8. Стали с повышенной обрабатываемостью резанием.

1.9. Мартенситно-стареющие высокопрочные стали.

1.10. Высокопрочные стали с высокой пластичностью (ТРИП- или ПНП-стали)

1.11. Рессорно-пружинные стали общего назначения.

1.12. Шарикоподшипниковые стали.

1.13. Износостойкие стали.

1.14. Коррозионно-стойкие и жаростойкие стали и сплавы.

1.15. Криогенные стали.

1.16. Жаропрочные стали и сплавы.

2. Инструментальные стали и твердые сплавы.

2.1. Стали для режущего инструмента.

2.2. Стали для измерительного инструмента.

2.3. Стали для штампов холодного деформирования.

2.4. Стали для штампов горячего деформирования.

2.5. Твердые сплавы.

3. Стали и сплавы с особыми физическими свойствами.

3.1. Магнитные стали и сплавы.

3.2. Металлические стекла (амфорные сплавы).

3.3. Стали и сплавы с высоким электрическим сопротивлением для нагревательных элементов.

3.4. Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения.

3.5. Сплавы с эффектом “памяти формы”.

4. Тугоплавкие металлы и их сплавы.

5. Титан и сплавы на его основе.

5.1. Титан.

5.2. Сплавы на основе титана.

6. Алюминий и сплавы на его основе.

6.1. Алюминий.

6.2. Классификация алюминиевых сплавов.

6.3. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой.

6.4. Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой.

6.5. Литейные алюминиевые сплавы.

7. Магний и сплавы на его основе.

7.1. Магний.

7.2. Сплавы на основе магния.

8. Медь и сплавы на ее основе.

8.1. Медь.

8.2. Сплавы на основе меди.

9. Антифрикционные (подшипниковые) сплавы на оловянной, свинцовой, цинковой и алюминиевой основах.

10. Композиционные материалы с металлической матрицей.

11. Конструкционные порошковые материалы.

Раздел 

1. Общие сведения о неметаллических материалах.

1.1. Особенности свойств полимерных материалов.

2. Пластические массы.

2.1. Состав, свойства пластмасс.

2.2. Термопластичные пластмассы.

2.3. Термореактивные пластмассы.

2.4. Газонаполненные пластмассы.

3. Композиционные материалы с неметаллической матрицей.

3.1. Общие сведения, состав.

3.2. Карбоволокниты.

3.3. Бороволокниты.

3.4. Органоволокниты.

4. Резиновые материалы.

4.1. Общие сведение, состав и классификация резин.

4.2. Резины общего назначения.

4.3. Резины специального назначения.

5. Клеящие материалы и герметики.

5.1. Общие сведение, состав пленкообразующих материалов.

5.2. Конструкционные, смоляные и резиновые клеи.

5.3. Неорганические клеи.

5.4. Герметики.

6. Неорганические материалы.

6.1. Графит.

6.2. Неорганическое стекло.

6.3. Керамические материалы.

**I РАЗДЕЛ**

**Конструкционные стали и сплавы**

Конструкционными называются стали, предназначенные для изготовления деталей машин (машиностроительные стали), конструкций и сооружений (строительные стали).

**Углеродистые конструкционные стали**

Углеродистые конструкционные стали подразделяются на стали обыкновенного качества и качественные.

Стали обыкновенного качества изготавливают следующих марок Ст0, Ст1, Ст2,..., Ст6 (с увеличением номера возрастает содержание углерода). Ст4 - углерода 0.18-0.27%, марганца 0.4-0.7%.

Стали обыкновенного качества, особенно кипящие, наиболее дешевые. Стали отливают в крупные слитки, вследствие чего в них развита ликвация и они содержат сравнительно большое количество неметаллических включений.

С повышением условного номера марки стали возрастает предел прочности (в) и текучести (0.2) и снижается пластичность (,). Ст3сп имеет в=380490МПа, 0.2=210250МПа, =2522%.

Из сталей обыкновенного качества изготовляют горячекатаный рядовой прокат: балки, швеллеры, уголки, прутки, а также листы, трубы и поковки. Стали в состоянии поставки широко применяют в строительстве для сварных, клепанных и болтовых конструкций.

С повышением содержания в стали углерода свариваемость ухудшается. Поэтому стали Ст5 и Ст6 с более высоким содержанием углерода применяют для элементов строительных конструкций, не подвергаемых сварке.

Качественные углеродистые стали выплавляют с соблюдением более строгих условий в отношении состава шихты и ведения плавки и разливки. Содержание S<=0.04%, P<=0.0350.04%, а также меньшее содержание неметаллических включений.

Качественные углеродистые стали маркируют цифрами 08, 10, 15,..., 85, которые указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Низкоуглеродистые стали (С<0.25%) 05кп, 08, 07кп, 10, 10кп обладают высокой прочностью и высокой пластичностью. в=330340МПа, 0.2=230280МПа, =3331%.

Стали без термической обработки используют для малонагруженных деталей, ответственных сварных конструкций, а также для деталей машин, упрочняемых цементацией.

Среднеуглеродистые стали (0.3-0.5% С) 30, 35,..., 55 применяют после нормализации, улучшения и поверхностной закалки для самых разнообразных деталей во всех отраслях промышленности. Эти стали по сравнению с низкоуглеродистыми имеют более высокую прочность при более низкой пластичности (в=500600МПа, 0.2=300360МПа, =2116%). В связи с этим их следует применять для изготовления небольших деталей или более крупных, но не требующих сквозной прокаливаемости.

Стали с высоким содержанием углерода (0.6-0.85% С) 60, 65,..., 85 обладают высокой прочностью, износостойкостью и упругими свойствами. Из этих сталей изготавливают пружины и рессоры, шпиндели, замковые шайбы, прокатные валки и т.д.

**Легированные конструкционные стали**

Легированные стали широко применяют в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении, в автомобильной промышленности, тяжелом и транспортном машиностроении в меньшей степени в станкостроении, инструментальной и других видах промышленности. Это стали применяют для тяжело нагруженных металлоконструкций.

Стали, в которых суммарное количество содержание легирующих элементов не превышает 2.5%, относятся к низколегированным, содержащие 2.5-10% - к легированным, и более 10% к высоколегированным (содержание железа более 45%).

Наиболее широкое применение в строительстве получили низколегированные стали, а в машиностроении - легированные стали.

Легированные конструкционные стали маркируют цифрами и буквами. Двухзначные цифры, приводимые в начале марки, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буквы справа от цифры обозначают легирующий элемент. Пример, сталь 12Х2Н4А содержит 0.12% С, 2% Cr, 4% Ni и относится к высококачественным, на что указывает в конце марки буква А.

**Строительные низколегированные стали**

Низко легированными называют стали, содержащие не более 0.22% С и сравнительно небольшое количество недефицитных легирующих элементов: до 1.8% Mn, до 1,2% Si, до 0,8% Cr и другие.

К этим сталям относятся стали 09Г2, 09ГС, 17ГС, 10Г2С1, 14Г2, 15ХСНД, 10ХНДП и многие другие. Стали в виде листов, сортового фасонного проката применяют в строительстве и машиностроении для сварных конструкций, в основном без дополнительной термической обработки. Низколегированные низкоуглеродистые стали хорошо свариваются.

Для изготовления труб большого диаметра применяют сталь 17ГС (0.2=360МПа, в=520МПа).

**Арматурные стали**

Для армирования железобетонных конструкций применяют углеродистую или низкоуглеродистую сталь в виде гладких или периодического профиля стержней.

Сталь Ст5сп2 - в=50МПа, 0.2=300МПа, =19%.

**Стали для холодной штамповки**

Для обеспечения высокой штампуемости отношение в/0.2 стали должно быть 0.5-0.65 при  не менее 40%. Штампуемость стали тем хуже, чем больше в ней углерода. Кремний, повышая предел текучести, снижает штампуемость, особенно способность стали к вытяжке. Поэтому для холодной штамповки более широко используют холоднокатаные кипящие стали 08кп, 08Фкп (0.02-0.04% V) и 08Ю (0.02-0.07% Al).

**Конструкционные (машиностроительные) цементируемые (нитроцементуемые) легированные стали**

Для изготовления деталей, упрочняемых цементацией, применяют низкоуглеродистые (0.15-0.25% С) стали. Содержание легирующих элементов в сталях не должно быть слишком высоким, но должно обеспечить требуемую прокаливаемость поверхностного слоя и сердцевины.

Хромистые стали 15Х, 20Х предназначены для изготовления небольших изделий простой формы, цементируемых на глубину 1.0-1.5мм. Хромистые стали по сравнению с углеродистыми обладают более высокими прочностными свойствами при некоторой меньшей пластичности в сердцевине и лучшей прочности в цементируемом слое., чувствительна к перегреву, прокаливаемость невелика.

Сталь 20Х - в=800МПа, 0.2=650МПа, =11%, =40%.

Хромованадиевые стали. Легирование хромистой стали ванадием (0.1-0.2%) улучшает механические свойства (сталь 20ХФ). Кроме того, хромованадиевые стали менее склонны к перегреву. Используют только для изготовления сравнительно небольших деталей.

Хромоникелевые стали применяются для крупных деталей ответственного значения, испытывающих при эксплуатации значительные динамические нагрузки. Повышенная прочность, пластичность и вязкость сердцевины и цементированного слоя. Стали малочувствительны к перегреву при длительной цементации и не склонны к перенасыщению поверхностных слоев углеродом

Сталь 12Х2Н4А - в=1150МПа, 0.2=950МПа, =10%, =50%.

Хромомарганцевые стали применяют во многих случаях вместо дорогих хромоникелевых. Однако они менее устойчивы к перегреву и имеют меньшую вязкость по сравнению с хромоникелевыми.

В автомобильной и тракторной промышленности, в станкостроении применяют стали 18ХГТ и 25ХГТ.

Сталь 25ХГМ - в=1200МПв, 0.2=1100МПа, =10%, =45%.

Хромомарганцевоникелевые стали. Повышение прокаливаемости и прочности хромомарганцевых сталей достигается дополнительным легированием их никелем.

На ВАЗе широко применяют стали 20ХГНМ, 19ХГН и 14ХГН.

После цементации эти стали имеют высокие механические свойства.

Сталь 15ХГН2ТА - в=950МПа, 0.2=750МПа, =11%, =55%.

Стали, легированные бором. Бор увеличивает прокаливаемость стали, делает сталь чувствительной к перегреву.

В промышленности для деталей, работающих в условиях износа при трении, применяют сталь 20ХГР, а также сталь 20ХГНР.

Сталь 20ХГНР - в=1300МПа, 0.2=1200МПа, =10%, =09%.

Конструкционные (машиностроительные) улучшаемые легированные стали

Стали имеют высокий предел текучести, малую чувствительность к концентраторам напряжений, в изделиях, работающих при многократном приложении нагрузок, высокий предел выносливости и достаточный запас вязкости. Кроме того, улучшаемые стали обладают хорошей прокаливаемостью и малой чувствительностью к отпускной хрупкости.

При полной прокаливаемости сталь имеет лучшие механические свойства, особенно сопротивление хрупкому разрушению - низкий порог хладноломкости, высокое значение работы развития трещины КСТ и вязкость разрушения К1с.

Хромистые стали 30Х, 38Х, 40Х и 50Х применяют для средненагруженных деталей небольших размеров. С увеличением содержания углерода возрастает прочность, но снижаются пластичность и вязкость. Прокаливаемость хромистых сталей невелика.

Сталь 30Х - в=900МПа, 0.2=700МПа, =12%, =45%.

Хромомарганцевые стали. Совместное легирование хромом (0.9-1.2%) и марганцем (0.9-1.2%) позволяет получить стали с достаточно высокой прочностью и прокаливаемостью (40ХГ). Однако хромомарганцевые стали имеют пониженную вязкость, повышенный порог хладноломкости (от 20 до -60С), склонность к отпускной хрупкости и росту зерна аустенита при нагреве.

Сталь 40ХГТР - в=1000МПа, 0.2=800МПа, =11%, =45%.

Хромокремнемарганцевые стали. Высоким комплексом свойств обладают хромокремнемарганцевые стали (хромансил). Стали 20ХГС, 25ХГС и 30ХГС обладают высокой прочностью и хорошей свариваемостью. Стали хромансил применяют также в виде листов и труб для ответственных сварных конструкций (самолетостроение). Стали хромансил склонны к обратимой отпускной хрупкости и обезуглероживанию при нагреве.

Сталь 30ХГС - в=1100МПа, 0.2=850МПа, =10%, =45%.

Хромоникелевые стали обладают высокой прокаливаемостью, хорошей прочностью и вязкостью. Они применяются для изготовления крупных изделий сложной конфигурации, работающих при динамических и вибрационных нагрузках.

Сталь 40ХН - в=1000МПа, 0.2=800МПа, =11%, =45%.

Хромоникелемолибденовые стали. Хромоникелевые стали обладают склонностью к обратимой отпускной хрупкостью, для устранения которой многие детали небольших размеров из этих сталей охлаждают после высокого отпуска в масле, а более крупные детали в воде для устранения этого дефекта стали дополнительно легируют молибденом (40ХН2МА) или вольфрамом.

Сталь 40ХН2МА - в=1100МПа, 0.2=950МПа, =12%, =50%.

Хромоникелемолибденованадиевые стали обладают высокой прочностью, пластичностью и вязкостью и низким порогом хладноломкости. Этому способствует высокое содержание никеля. Недостатками сталей являются трудность их обработки резанием и большая склонность к образованию флокенов. Стали применяют для изготовления наиболее ответственных деталей турбин и компрессорных машин.

Сталь 38ХН3МФА - в=1200МПа, 0.2=1100МПа, =12%, =50%.

**Стали с повышенной обрабатываемостью резанием**

Наиболее часто применяют автоматные стали А12, А20, А40, имеющие повышенное содержание серы (0.08-0.3%), фосфора (<=0.05%) и марганца (0.7-1.0%). Сталь 40Г содержит 1.2-1.55% Mn.

Фосфор, повышая твердость, прочность и охрапчивая сталь, способствует образованию ломкой стружки и получению высокого качества поверхности.

Стали обладают большой анизотропией механических свойств, склонны к хрупкому разрушению, имеют пониженный предел выносливости. Поэтому сернистые автоматные стали применяют лишь для изготовления неответственных изделий - преимущественно нормалей или метизов.

**Мартенсито-стареющие высоко прочные стали**

Широкое применение в технике получила высокопрочная мартенсито-стареющая сталь Н18К9М5Т (<=0.03% С, ~18% Ni, ~9% Co, ~5% Mo, ~0.6 Ti).

Кроме стали Н18К9М5Т нашли применение менее легированные мартенсито-стареющие стали: Н12К8М3Г2, Н10Х11М2Т (в=14001500МПа), Н12К8М4Г2, Н9Х12Д2ТБ (в=16001800МПа), KCU=0.350.6 МДж/м2, 0.2=18002000МПа. Мартенсито-стареющие стали имеют высокий предел упругости 0.002=1500МПа.

Мартенсито-стареющие стали применяют в авиационной промышленности, в ракетной технике, в судостроении, в приборостроении для упругих элементов, в криогенной технике и т.д. Эти стали дорогостоящие.

**Высокопрочные стали с высокой пластичностью**

**(ТРИП- или ПНП-стали)**

Метастабильные высокопрочные аустенитные стали называют ТРИП-сталями или ПНП-сталями. Эти стали содержат 8-14% Cr, 8-32% Ni, 0.5-2.5% Mn, 2-6% Mo, до 2% Si (30Х9Н8М4Г2С2 и 25Н25М4Г1).

Механические свойства ПНП-сталей: в=15001700МПа, 0.2=14001550МПа, =5060%. Характерным для это группы сталей является высокое значение вязкости разрушения и предела выносливости.

Широкому применению ПНП-сталей препятствует их высокая легированность, необходимость использования мощного оборудования для деформации при сравнительно низких температурах, трудность сварки. Эти стали используют для изготовления высоконагруженных деталей, проволоки, тросов, крепежных деталей и др.

**Рессорно-пружинные стали общего назначения**

Рессорно-пружинные стали предназначены для изготовления пружин, упругих элементов и рессор различного назначения. Они должны обладать высоким сопротивлением малым пластическим деформациям, пределом выносливости и релаксационной стойкостью при достаточной пластичности и вязкости.

Для пружин малого сечения применяют углеродистые стали 65, 70,75, 85. Сталь 85 - 0.2=1100МПа, в=1150МПа, =8%, =30%.

Более часто для изготовления пружин и рессор используют легированные стали.

Стали 60С2ХФА и 65С2ВА, имеющие высокую прокаливаемость, хорошую прочность и релаксационную стойкость применяют для изготовления крупных высоконагруженных пружин и рессор. Сталь 65С2ВА - 0.2=1700МПа, в=1900МПа, =5%, =20%. Когда упругие элементы работают в условиях сильных динамических нагрузок, применяют сталь с никелем 60С2Н2А.

Для изготовления автомобильных рессор широко применяют сталь 50ХГА, которая по техническим свойствам превосходит кремнистые стали. Для клапанных пружин рекомендуется сталь 50ХФА, не склонная к перегреву и обезуглероживанию.

**Шарикоподшипниковые стали.**

Для изготовления тел качения и подшипниковых колец небольших сечений обычно используют высокоуглеродистую хромистую сталь ШХ15 (0.95-1.0% С и 1.3-1.65% Cr), а больших сечений - хромомарганцевую сталь ШХ15СГ (0.95-1.05% С, 0.9-1.2% Cr, 0.4-0.65% Si и 1.3-1.65% Mn), прокаливающуюся на большую глубину. Стали обладают высокой твердостью, износостойкостью и сопротивлением контактной усталости. К сталям предъявляются высокие требования по содержанию неметаллических включений, так как они вызывают преждевременное усталостное разрушение. Недопустима также карбидная неоднородность.

Для изготовления деталей подшипников качения, работающих при высоких динамических нагрузках, применяют цементуемые стали 20Х2Н4А и 18ХГТ. После газовой цементации, высокого отпуска, закалки и отпуска детали подшипника из стали 20Х2Н4А имеют на поверхности 58-62 HRC и в сердцевине 35-45 HRC.

Износостойкие стали

Для деталей, работающих на износ в условиях абразивного трения и высоких давлений и ударов, применяют высокомарганцевую литую аустенитную сталь 110Г13Л, содержащую 0.9-1.3% С и 11,5-14.5% Mn. Она обладает следующими механическими свойствами: 0.2=250350МПа, в=8001000МПа, =3545%, =4050%.

Сталь 110Г13Л обладает высокой износостойкостью только при ударных нагрузках. При небольших ударных нагрузках в сочетании с абразивным изнашиванием либо при чистом абразивном изнашивании мартенситное превращение не протекает и износостойкость стали 110Г13Л невысокая.

Для изготовления лопастей гидротурбин и гидронасосов, судовых гребных винтов и других деталей, работающих в условиях изнашивания при кавитационной эрозии, применяют стали с нестабильным аустенитом 30Х10Г10, 0Х14АГ12 и 0Х14Г12М, испытывающим при эксплуатации частичное мартенситное превращение.

**Коррозийно-стойкие и жаростойкие стали и сплавы**

Жаростойкие стали и сплавы. Повышение окалиностойкости достигается введением в сталь главным образом хрома, а также алюминия или кремния, т. е. Элементов, находящихся в твердом растворе и образующих в процессе нагрева защитные пленки оксидов (Cr, Fe)2O3, (Al, Fe)2O3.

Для изготовления различного рода высокотемпературных установок , деталей печей и газовых турбин применяют жаростойкие ферритные (12Х17, 15Х25Т и др.) и аустенитные (20Х23Н13, 12Х25Н16Г7АР, 36Х18Н25С2 и др.) стали, обладающие жаропрочностью.

Сталь 12Х17 - в=520МПа, 0.2=350МПа, =30%, =75%.

Коррозионно-стойкие стали устойчивы к электрохимической коррозии.

Стали 12Х13 и 20Х13 применяют для изготовления деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам (клапанов гидравлических прессов, предметов домашнего обихода), а также изделий, испытывающих действие слабо агрессивных сред (атмосферных осадков, водных растворов солей органических кислот).

Стали 30Х13 и 40Х13 используют для карбюраторных игл, пружин, хирургических инструментов и т. д.

Стали 15Х25Т и 15Х28 используют чаще без термической обработки для изготовления сварных деталей, работающих в более агрессивных средах и не подвергающихся действию ударных нагрузок, при температуре эксплуатации не ниже -20С.

Сталь 12Х18Н10Т получила наибольшее распространение для работы в окислительных средах (азотная кислота).

Сталь 12Х13 - в=750МПа, 0.2=500МПа, =20%, =65%.

Коррозионно-стойкие сплавы на железоникелевой и никелевой основе. Сплав 04ХН40МДТЮ предназначен для работы при больших нагрузках в растворах серной кислоты.

Для изготовления аппаратуры, работающей в солянокислых средах, растворах серной и фосфорной кислоты, применяют никелевый сплав Н70МФ. Сплавы на основе Ni-Mo имеют высокое сопротивление коррозии в растворах азотной кислоты.

Для изготовления сварной аппаратуры, работающей в солянокислых средах, применяют сплав Н70МФ.

Наибольшее распространение получил сплав ХН65МВ для работы при повышенных температурах во влажном хлоре, солянокислых средах, хлоридах, смесях кислот и других агрессивных средах.

Сталь Н70МФ - в=950МПа, 0.2=480МПа, =50%.

Двухслойные стали нашли применение для деталей аппаратуры (корпусов аппаратов, днищ, фланцев, патрубков и др.), работающих в коррозионной среде. Эти стали состоят из основного слоя - низколегированной (09Г2, 16ГС, 12ХМ, 10ХГСНД) или углеродистой (Ст3) стали и коррозийно-стойкого плакирующего слоя толщиной 1-6мм из коррозийно-стойких сталей (08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 08Х13) или никелевых сплавов (ХН16МВ, Н70МФ).

Сталь ХН65МВ - в=1000МПа, 0.2=600МПа, =50%.

**Криогенные стали**

Криогенные стали обладают достаточной прочностью при нормальной температуре в сочетании с высоким сопротивлением хрупкому разрушению при низких температурах. К этим сталям нередко предъявляют требования высокой коррозийной стойкости. В качестве криогенных сталей применяют низкоуглеродистые никелевые стали и стали аустенитного класса, несклонные к хладноломкости. Для сварных конструкций, работающих при температуре до -196С, используют стали с 6-7% Ni (ОН6А) и 8.5-9.5% Ni (ОН9А), обладающие низким порогом хладноломкости.

Из этих сталей изготовляют цилиндрические или сферические резервуары для хранения и транспортировки сжиженных газов при температуре не ниже -196С.

Сталь 10Х14Г14Н4Т - в=620МПа, 0.2=280МПа, =45%, =60%.

**Жаропрочные стали и сплавы**

Жаропрочными называют стали и сплавы, способные работать под напряжением при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Жаропрочные стали и сплавы применяют для изготовления многих деталей котлов, газовых турбин, реактивных двигателей, ракет и т. д., работающих при высоких температурах.

Жаропрочные стали благодаря невысокой стоимости широко применяются в высокотемпературной технике, их рабочая температура 500-750С.

Механические свойства сталей перлитного класса (12К, 15К, 18К, 22К, 12Х1МФ): в=360490МПа, 0.2=220280МПа, =2419%. Чем больше в стали углерода, тем выше прочность и ниже пластичность.

Стали мартенситного и мартенсито-ферритного классов (15Х11МФ, 40Х9С2, 40Х10С2М) применяют для деталей и узлов газовых турбин и паросиловых установок.

Стали аустенитного класса (10Х18Н12Т, 08Х15Н24В4ТР, 09Х14Н18В2БР) предназначены для изготовления пароперегревателей и турбоприводов силовых установок высокого давления.

Жаропрочные сплавы на никелевой основе находят широкое применение в различных областях техники (авиационные двигатели, стационарные газовые турбины, химическое аппаратостроение и т. д.).

Часто используют сплав ХН70ВТЮ, обладающий хорошей жаропрочностью и достаточной пластичностью при 700-800С.

Никелевые сплавы для повышения их жаростойкости подвергают алитированию.

**Инструментальные стали и сплавы**

**Стали для режущего инструмента**

Углеродистые стали небольшой прокаливаемости, необладающие теплостойкостью. Углеродистые инструментальные стали У8, У10, У11,У12, У13 вследствие малой устойчивости переохлажденного аустенита имеют небольшую прокаливаемость, и поэтому эти стали применяют для инструментов небольших размеров.

Стали У10, У11, У12, У13 применяют для режущего инструмента (фрезы, зенкеры, сверла, шабера, напильники и т. д.). Для деревообрабатывающего инструмента применяют стали У7 и У8.

Стали можно использовать в качестве режущего инструмента только для резания с малой скоростью, так как их высокая твердость (У10-У12 - 62-63HRC) сильно снижается при нагреве выше 190-200С.

Легированные стали повышенной прокаливаемости, не обладающие теплостойкостью (11ХФ, 13Х, ХВСГ, 9ХС, Х, В2Ф) пригодны для резания материалов невысокой прочности (в=500600МПа) с небольшой скоростью (до 5-8м/мин). Их используют для инструмента, не подвергаемого в работе нагреву свыше 200-250С. Легированные стали по сравнению с углеродистыми обладают большей прокаливаемостью.

Сталь Х - 0.95-1% С, 0.15-0.4% Mn, 0.15-0.35% Si, 1.3-1.65% Cr, 64-65HRC.

Быстрорежущие стали (Р6М5, Р12Ф3, Р8М3К6С, Р9, Р8М3, Р8М5) в отличие от других инструментальных сталей обладают высокой теплостойкостью и соответственно высокую твердость, прочность и износостойкость при повышенных температурах, возникающих в режущей кромке при резании с большой скоростью.

Основным легирующими элементами этих сталей являются вольфрам, молибден, кобальт и ванадий.

Сталь Р18 - 0.7-0.8% С, 3.8-4.4% Cr, 17.5-19% W, 1-1.4% V, 0.5-1% Mo.

**Стали для измерительного инструмента**

Они (12Х1, Х) обладают высокой твердостью, износостойкостью, сохраняют постоянство размеров и хорошо шлифуются. Их твердость составляет 63-64HRC.

Измерительное скобы, шкалы, линейки и другие плоские и длинные инструменты изготовляют из листовых сталей 15, 15Х.

**Стали для штампов холодного деформирования**

Эти стали (Х12Ф1, Х12М, Х6ВФ, 6Х5В3МФС, 7ХГ2ВМ) должны обладать высокой твердостью, износостойкостью и прочностью, сочетающейся с достаточной вязкостью, также должны быть теплостойкими.

Во многих случаях для изготовления штампов для холодного деформирования используют быстрорежущие стали.

Сталь 7ХГ2ВМ - 0.68-0.76% С, 1.5-1.8% Cr, 0.1-0.25% V, 59-60HRC.

**Стали для штампов горячего деформирования**

Эти стали (5ХНМ, 5ХНВ, 4Х3ВМФ, 4Х5В2ФС, 3Х2В8Ф, 4Х2В5МФ) должны иметь высокие механические свойства (прочность и вязкость) при повышенных температурах и обладать износостойкостью, окалиностойкостью и разгаростойкостью и высокую теплопроводность.

Механические свойства стали 5ХНМ при температуре 500С: в=900МПа, 0.2=650МПа, =20-22%, =70%.

**Твердые сплавы**

Твердыми называют сплавы (ВК3, ВК6, ВК10, Т30К4, Т15К6, Т5К12, ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ20К9), изготовленные методом порошковой металлургии и состоящие из карбидов тугоплавких металлов (WC, TiC, TaC), соединенных кобальтовой связкой.

Сплав ВК8 применяют для чернового точения и других видов черновой обработки, а также для волочения, калибровки труб, прутков и проволоки. Сплавы ВК10, ВК15 предназначены для изготовления быстроизнашивающихся деталей. Титановольфрамовые сплавы применяют для чистового (Т30К4) и чернового (Т15К6, Т5К10) точения, фрезерования и строгания стали, твердость сплавов 92-87HRC.

**Стали и сплавы с особыми физическими свойствами**

**Магнитные стали и сплавы**

Магнито-твердые стали и сплавы применяют для изготовления постоянных магнитов.

Для постоянных магнитов применяют высокоуглеродистые стали с 1% С, легированные хромом (3%) ЕХ3, а также одновременно хромом и кобальтом, ЕХ5К5, ЕХ9К15М2. Легирующие элементы повышают коэрцитивную и магнитную энергию

В промышленности наиболее широко применяют сплавы типа алнико. Сплавы тверды, хрупки и не поддаются деформации, поэтому магниты из них изготовляют литьем, затем проводят шлифование.

Сплав ЮНДК15 содержит 18-19% Ni, 8.5-9.5% Al, 14-15% Co, 3-4% Cu.

Магнито-мягкие стали (электротехническая сталь) (1212, 1311, 1511, 2011, 2013, 2211, 2312, 2412, 3415, 3416, 79НМ, 81НМА) применяют для изготовления магнитопроводов постоянного и переменного тока. Они предназначены для изготовления якорей и полюсов машин постоянного тока, роторов и статоров асинхронных двигателей и др.

Парамагнитные стали (17Х18Н9, 12Х18Н10Т, 55Г9Н9Х3, 40Г14Н9Ф2, 40Х14Н9Х3ЮФ2 и др.) требуются в электротехнике, приборостроении, судостроении и специальных областях техники.

Недостатки этих сталей низкий предел текучести (150-350МПа), что затрудняет их использование для высоко нагруженных деталей машин.

**Металлические стекла (аморфные сплавы)**

Аморфные сплавы нередко хрупки при растяжении, но сравнительно пластичны при изгибе и сжатии. Могут подвергаться холодной прокатке.

Магнито-мягкие аморфные сплавы делятся на три основные группы:

1. на основе железа (Fe81Si3.5B13.5C2) с высокими значениями магнитной индукции и низкой коэрцитивной силой;

2. на основе кобальта (Co66Fe4(Mo, Si, B)30), имеющие сравнительно небольшую индукцию насыщения, но высокие механические свойства, низкую коэрцитивную силу и высокое значение магнитной проницаемости;

3. железоникелевые сплавы (Fe40Ni40P14B6) со средними значениями магнитной индукции и более низким значением коэрцитивной силы, чем у железных сплавов.

Магнито-мягкие аморфные сплавы применяют в электротехнике и электронной промышленности.

**Сплавы с заданным температурным коэффициентом**

**линейного расширения**

Широко применяются в машиностроении и приборостроении. Наиболее распространены сплавы Fe-Ni, у которых коэффициент линейного расширения  при температурах -100 до 100С с увеличением содержания никеля до 36% резко уменьшается, а при более высоком содержании никеля вновь возрастает. При температуре 600-700С такого явления не наблюдается и коэффициент линейного расширения в зависимости от состава изменяется плавно, что объясняется переходом сплавов в парамагнитное состояние. Таким образом, низкое значение температурного коэффициента линейного расширения связано с влиянием ферромагнитных эффектов.

Для изготовления деталей, спаиваемых со стеклом, применяют более дешевые ферритные железохромистые сплавы 18ХТФ и 18ХМТФ.

**Сплавы с эффектом “памяти формы”**

Эти сплавы после пластической деформации восстанавливают свою первоначальную геометрическую форму или в результате нагрева (эффект “памяти формы”), или непосредственно после снятия нагрузки (сверхупругость).

В настоящее время известно большое число двойных и более сложных сплавов с обратным мартенситным превращением, обладающих в разной степени свойствами “памяти формы”: Ni-Al, Ni-Co, Ni-Ti, Cu-Al, Cu-Al-Ni и др.

Наиболее широко применяют сплавы на основе мононикелида титана NiTi, получившие название нитинол. Эффект “памяти формы” в соединении NiTi может повторяться в течение многих тысяч циклов. Нитинол обладает высокой прочностью (в=7701100МПа, т=300500МПа), пластичностью (=10015%), коррозийной и кавитационной стойкостью и демпфирующей способностью. Его применяют как магнитный высокодемпфирующий материал во многих ответственных конструкциях.

**Тугоплавкие металлы и их сплавы**

Наибольшее значение в технике имеют следующие тугоплавкие металлы: Nb, Mo, Cr, Ta и W.

Их применяют при строительстве ракет, космических кораблей, ядерных реакторов, отдельные узлы которых работают при температуре до 1500-2000С.

Тугоплавкие металлы и их сплавы используют в основном как жаропрочные.

Молибден, вольфрам и хром обладают высокой жаропрочностью, однако они склонны к хрупкому разрушению. Ниобий и тантал - высокопластичные материалы и хорошо свариваются.

Сплав на основе ниобия ВН2А - t=1200C, в=850МПа.

Сплав на основе молибдена ЦМ3 - t=1200С, в=500МПа, 100=180МПа.

Сплав на основе вольфрама ВВ2 - t=1200С, в=130МПа, 100=80МПа.

**Титан и сплавы на его основе**

**Титан**

Титан - металл серого цвета. Температура плавления титана (16685)С. Титан имеет две аллотропические модификации: до 882С существует -титан (плотность 4.505г/см3), который кристаллизуется в гексагональной решетке с периодами а=0.2951нм и с=0.4684нм (с/м=1.587), а при более высоких температурах - -титан (при 900С плотность 4.32г/см3), имеющий решетку, период которой а=0.3282нм. Технический титан изготовляют двух марок: ВТ1-00, ВЕ1-0.

**Сплавы на основе титана**

Сплавы на основе титана получили значительно большее применение, чем технический титан. Легирование титана Fe, Al, Mn, Cr, Sn, V, Si повышает его прочность (в, 0.2), но одновременно снижает пластичность () и вязкость (KCU). Жаропрочность повышают Al, Zr, Mo, а коррозийную стойкость в растворах кислот - Mo, Zr, Nb, Ta и Pd. Титановые сплавы имеют высокую удельную прочность. Как и в железных сплавах, легирующие элементы оказывают большое влияние на полиморфные превращения титана.

Сплав ВТ14 (Al - 5.5%, V - 1.2%, Mo - 3.0%) - в=900-1050МПа, =10%, KCU=0.5МДж/м2, -1=400МПа.

**Алюминий и сплавы на его основе**

**Алюминий**

Алюминий - металл серебристо-белого цвета. Температура плавления 600С. Алюминий имеет кристаллическую ГЦК решетку с периодом а=0.4041нм. Наиболее важной особенностью алюминия является низкая плотность - 2.7г/см3 против 7.8г/см3 для железа и 8.94г/см3 для меди. Алюминий обладает электрической проводимостью, составляющей 65% электрической проводимости меди. В зависимости от чистоты различают алюминий особой чистоты: А999 (99.999% Al); высокой чистоты: А995 (99.995% Al), А99, А97, А95 и технической чистоты: А85, А8, А7, А6, А5, А0 (99.0% Al).

Технический алюминий изготавливают в виде листов, профилей, прутков, проволоки и других полуфабрикатов и маркируют АДО и АД1.

**Классификация алюминиевых сплавов**

Наибольшее распространение получили сплавы Al-Cu, Al-Si, Al-Mg, Al-Cu-Mg и другие.

Все сплавы алюминия можно разделить на деформируемые, предназначенные для получения полуфабрикатов (листов, плит, прутков и т. д.), а также поковок и штамповых заготовок путем прокатки, прессования, ковки и штамповки, и литейные, предназначенные для фасонного литья.

Сплавы алюминия, обладая хорошей технологичностью во всех стадиях передела, малой плотностью, высокой коррозийной стойкостью, при достаточной прочности, пластичности и вязкости нашли широкое применение в авиации, судостроении, строительстве и других отраслях народного хозяйства.

**Деформируемые алюминиевые сплавы,**

**упрочняемые термической обработкой**

**Дуралюмины.** Дуралюминами называются сплавы Al-Cu-Mg, в которые дополнительно вводят марганец. Типичным дуралюмином является сплав Д1.

Марганец повышает стойкость дуралюмина против коррозии, а присутствуя в виде дисперсных частиц фазы Т, повышает температуру рекристаллизации и улучшает механические свойства.

Дуралюмин, изготовляемый в листах, для защиты от коррозии подвергают плакированию, т.е. покрытию тонким слоем алюминия высокой чистоты.

Из сплава Д16 изготовляют обшивки, шпангоуты, стрингера и лонжероны самолетов, силовые каркасы, строительные конструкции, кузова грузовых автомобилей и т.д.

Сплав Д16 - 0.2=400МПа, в=540МПа, =11%.

**Сплавы авиаль (АВ).** Эти сплавы уступают дуралюминам по прочности, но обладают лучшей пластичностью в холодном и горячем состояниях. Авиаль удовлетворительно обрабатывается резанием (после закалки и старения) и сваривается контактной и аргонодуговой сваркой. Сплав обладает высокой общей сопротивляемостью коррозии, но склонен к межкристаллической.

Из сплава АВ изготовляют различные полуфабрикаты (листы, трубы и т.д.), используемые для элементов конструкций, несущих умеренные нагрузки, кроме того, лопасти винтов вертолетов, кованые детали двигателей, рамы, двери, для которых требуется высокая пластичность в холодном и горячем состояниях.

Сплав АВ - 0.2=200МПа, в=260МПа, =15%.

**Высокопрочные сплавы.** Предел прочности этих сплавов достигает 550-700МПа, но при меньшей пластичности, чем у дуралюминов. Представителем высокопрочных алюминиевых сплавов является сплав В95.

При увеличении содержания цинка и магния прочность сплавов повышается, а их пластичность и коррозийная стойкость понижаются. Добавки марганца и хрома улучшают коррозийную стойкость. Сплавы обладают хорошей пластичностью в горячем состоянии и сравнительно легко деформируются в холодном состоянии после отжига. Сплав В95хорощо обрабатывается резанием и сваривается точечной сваркой, его применяют в самолетостроении для нагруженных конструкций, работающих длительное время при t<=100120С. Сплав В95 рекомендуется для сжатых зон конструкций и для деталей без концентраторов напряжений.

Сплав В95 - 0.2=530-550МПа, в=560-600МПа, =8%.

**Сплавы для ковки и штамповки.** Сплавы этого типа отличаются высокой пластичностью и удовлетворительным литейными свойствами, позволяющими получить качественные слитки.

Сплав АК6 используют для деталей сложной формы и средней прочности, изготовление которых требует высокой пластичности в горячем состоянии. Сплав АК8 рекомендуют для тяжелонагруженных штампованных деталей.

Сплав АК8 - 0.2=300МПа, в=480МПа, =10%.

**Жаропрочные сплавы.** Эти сплавы используют для деталей, работающих при температуре до 300С. Жаропрочные сплавы имеют более сложный химический состав, чем рассмотренные выше алюминиевые сплавы. Их дополнительно легируют железом, никелем и титаном.

Сплав Д20 - 0.2=250МПа, в=400МПа, =12%.

**Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые**

**термической обработкой**

К этим сплавам относятся сплавы алюминия с марганцем или с магнием. Упрочнение сплавов достигается в результате образования твердого раствора и в меньшей степени избыточных фаз.

Сплавы легко обрабатываются давлением, хорошо свариваются и обладают высокой коррозийной стойкостью. Обработка резанием затруднена.

Сплавы (АМц, АМг2, АМг3) применяют для сварных и клепанных элементов конструкций, испытывающих небольшие нагрузки и требующие высокого сопротивления коррозии.

Сплав АМг3 - в=220МПа, 0.2=110МПа, =20%.

**Литейные алюминиевые сплавы**

Сплавы для фасонного литья должны обладать высокой жидкотекучестью, сравнительно небольшой усадкой, малой склонностью к образованию горячих трещин и пористости в сочетании с хорошими механическими свойствами, сопротивлением коррозии и др.

**Сплавы Al-Si (силумины).** Отличаются высокими литейными свойствами, а отливки - большой плотностью. Сплавы Al-Si (АЛ2, АЛ4, АЛ9) сравнительно легко обрабатываются резанием. Заварку дефектов можно производить газовой и аргонодуговой сваркой.

Сплав АЛ9 - в=200МПа, 0.2=140МПа, =5%.

**Сплавы Al-Cu.** Эти сплавы (АЛ7, АЛ19) после термической обработки имеют высокие механические свойства при нормальной и повышенных температурах и хорошо обрабатываются резанием. Литейные свойства низкие.

Сплав АЛ7 используют для отливки небольших деталей простой формы, сплав склонен к хрупкому разрушению.

Сплав АЛ7 - в=240МПа,0.2=160МПа, =7%.

**Сплавы Al-Mg.** Имеют низкие литейные свойства. Характерной особенностью этих сплавов является хорошая коррозийная стойкость, повышенные механические свойства и обрабатываемость резанием.

Сплавы АЛ8, АЛ27, АЛ13 и АЛ22 предназначены для отливок, работающих во влажной атмосфере, например, в судостроении и авиации.

Сплав АЛ8 - в=350МПа, 0.2=170МПа, =10%.

**Жаропрочные сплавы.** Наибольшее применение получил сплав АЛ1, из которого изготавливают поршни, головки цилиндров и другие детали, работающие при температуре 275-300С.

Сплав АЛ1 - в=260МПа, 0.2=200МПа, =0.6%.

**Магний и сплавы на его основе**

**Магний**

Магний - металл светло-серого цвета. Характерным свойством магния является его малая плотность (1.74г/см3). Температура плавления магния 650С. Кристаллическая решетка гексагональная. Технический магний выпускают трех марок МГ90, МГ95 и МГ96. Механические свойства литого магния: в=115МПа, 0.2=25МПа, =8%, 30НВ. На воздухе магний легко воспламеняется. Используется магний в пиротехнике и химической промышленности.

**Сплавы на основе магния**

Сплавы магния обладают малой плотностью, высокой удельной прочностью, хорошо поглощают вибрации, что определило их широкое использование в авиационной и ракетной технике. Однако сплавы магния имеют низкий модуль нормальной упругости 43000МПа и плохо сопротивляются коррозии.

**Литейные сплавы.** Широко применяется сплав МЛ5, в котором сочетаются высокие механические и литейные свойства. Он используется для литья нагруженных крупногабаритных отливок.

Сплав МЛ6 обладает лучшими литейными свойствами, чем МЛ5, и предназначается для изготовления тяжелонагруженных деталей.

Сплав МЛ5 - в=226МПа, 0.2=85МПа, =5%.

**Деформируемые сплавы.** Эти сплавы изготовляют в виде горячекатаных прутков, полос, профилей, а также поковок и штамповых заготовок.

Сплав МА1 обладает сравнительно высокой технологической пластичностью, хорошей свариваемостью и коррозионной стойкостью.

Сплав МА2-1 обладает достаточно высокими механическими свойствами, хорошей свариваемостью, однако склонен к коррозии под напряжением, поддается всем видам листовой штамповки и легко прокатывается.

Сплав МА1 - в=190-220МПа, 0.2=120-140МПа, =5-10%.

**Медь и сплавы на ее основе**

**Медь**

Медь - металл красного, в изломе розового цвета. Температура плавления 1083С. Кристаллическая решетка ГЦК. Плотность меди 8.94г/см3. Медь обладает высокими электропроводимостью и электропроводимостью. В зависимости от чистоты медь изготавливают следующих марок: М00, М0, М1, М2, М3. Присутствующие в меди примеси оказывают большое влияние на ее свойства.

Медь хорошо сопротивляется коррозии, легко обрабатывается давлением, но плохо резанием и имеет невысокие литейные свойства из-за большой усадки.

**Сплавы на основе меди**

Различают две основные группы медных сплавов: 1) латуни - сплавы меди с цинком; 2) бронзы - сплавы меди с другими элементами. Медные сплавы обладают высокими механическими и техническими свойствами, хорошо сопротивляются коррозии и износу.

**Латуни.** Латунями называют двойные или многокомпонентные сплавы на основе меди, в которых основным легирующим элементом является цинк.

Когда требуется высокая пластичность, повышенная теплоотводность применяют латуни с высоким содержанием меди (Л06 и Л90). Латуни Л62, Л60,Л59 с большим содержанием цинка обладают более высокой прочностью, лучше обрабатываются резанием, дешевле, но хуже сопротивляются коррозии.

Латунь ЛЦ40С - в=215МПа, =12%, 70НВ.

**Оловянные бронзы.** Обладают хорошими литейными свойствами и применяются для литья деталей сложной формы. Недостатком отливок из оловянных бронз является большая микропористость. Их часто применяют для изготовления антифрикционных деталей.

Бронза БрО3Ц12С5 - в=200МПа, =5%.

Антифрикционные (подшипниковые) сплавы на оловянной, свинцовой, цинковой и алюминиевой основе.

Эти сплавы применяют для заливки вкладышей подшипников скольжения. Они должны иметь достаточную твердость, но не очень высокую, сравнительно легко деформироваться под влиянием местных напряжений, иметь малый коэффициент трения между валом и подшипником.

Кроме того, температура плавления этих сплавов не должна быть высокой, и сплавы должны обладать хорошей теплопроводностью и устойчивостью к коррозии.

**Оловянные и свинцовые баббиты.** Оловянные баббиты используют в подшипниках турбин крупных судовых дизелей, турбонасосов, турбокомпрессоров, электрических и других тяжелонагруженных машин. Свинцовые баббиты применяют для менее нагруженных подшипников.

Баббиты имеют небольшую прочность в=60120МПа.

**Цинковые и антифрикционные сплавы.** Чаще применяют сплавы ЦАМ 10-5 и ЦАМ 9.5-1.5, содержащие кроме алюминия и меди 0.03-0.06% Mg. В литом виде сплавы применяют для монометаллических вкладышей, втулок и т.д.; сплав ЦАМ 10-5 применяется и для отливки биметаллических изделий со стальным корпусом.

**Алюминиевые антифрикционные (подшипниковые) сплавы.** Чем больше в сплавы олова, тем выше его антифрикционные свойства.

Сплавы АО3-1 и АО9-2 применяют для литья монометаллических вкладышей м втулок толщиной более 10мм. Сплавы АО20-1 и АН-2.5 предназначаются для получения биметаллической ленты со сталью методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей. Подшипники из сплава АН-2.5 можно изготовлять и литьем.

**Композиционные материалы с металлической матрицей**

Композиционные материалы состоят из металлической матрицы (чаще Al, Mg, Ni и их сплавы), упрочненной высокопрочными волокнами (волокнистые материалы) тонкодисперсными тугоплавкими частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсно-упрочненные материалы).

**Волокнистые композиционные материалы.** Композиционные материалы отличаются от обычных сплавов высокими значениями временного сопротивления и предела выносливости (на 50-100%), модуля упругости, коэффициента жесткости (Е/) и пониженной склонностью к трещинообразованию. Применение этих материалов повышает жесткость конструкций при одновременном снижении ее металлоемкости.

Композиционный материал бор-алюминий (ВКА-1А) - в=1300МПа, -1=60МПа, Е=220Гпа, в/=500, Е/=84.6.

**Дисперсно-упрочненные композиционные материалы.** В отличие от волокнистых композиционных материалов в дисперсно-упрочненных композиционных материалах матрица является основным элементом, несущим нагрузку, а дисперсные частицы тормозят движение в ней дислокаций.

Композиционные материалы применяются в авиации, в космической технике, в горной промышленности, в гражданском строительстве и в других областях народного хозяйства.

**Конструкционные порошковые материалы**

Порошковыми называют материалы, изготовляемые путем прессования металлических порошков в изделия необходимой формы и размеров и последующего спекания сформованных изделий в вакууме или защитной атмосфере при температуре 0.75-0.8Тпл.

Антифрикционные порошковые сплавы имеют низкий коэффициент трения, легко обрабатываются, выдерживают значительные нагрузки и имеют хорошую износостойкость. Наибольшее применение получил материал ФМК-11.

Сплавы на основе цветных материалов (АЛП-2, АЛПД-2-4, БрПБ-2, ЛП58Г2-2 и др.) применяют в приборостроении и электронной технике.

Применение порошковых материалов рекомендуется при изготовлении деталей простой симметричной формы, малых массе и размеров.

**I I РАЗДЕЛ**

**Общие сведения о неметаллических материалах**

К неметаллическим материалам относятся полимерные материалы органические и неорганические: различные виды пластических масс, композиционные материалы на неметаллической основе, каучуки и резины, клеи, герметики, лакокрасочные покрытия, а также графит, стекло, керамика.

Такие их свойства, как достаточная прочность, жесткость и эластичность при малой плотности, светопрозрачность, химическая стойкость, диэлектрические свойства, делают эти материалы часто незаменимыми. Они находят все большее применение в различных отраслях машиностроения.

Основой неметаллических материалов являются полимеры, главным образом синтетические.

**Пластические массы**

Пластмассами называют искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связующих веществ.

**Состав и свойства пластмасс**

Обязательным компонентом пластмассы является связующее вещество. В качестве связующих для большинства пластмасс используют синтетические смолы, реже применяют эфиры целлюлозы.

Другим важным компонентом пластмасс является наполнитель (порошкообразные, волокнистые и другие вещества). Наполнители повышают механические свойства, снижают усадку при прессовании и придают материалу те или иные специфические свойства.

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

**Термопластичные пластмассы**

В основе термопластичных пластмасс лежат полимеры линейной или разветвленной структуры, иногда в состав полимеров вводят пластификаторы.

**Неполярные термопластичные пластмассы.** К ним относятся полиэтилен, полипропилен, полистирол и фторопласт-4.

Полиэтилен - продукт полимеризации бесцветного газа этилена, относящийся к кристаллизующимся полимерам.

Чем выше плотность и кристалличность полиэтилена, тем выше прочность и теплостойкость материала. Он химически стоек и при нормальной температуре нерастворим ни в одном из известных растворителей. Недостаток его подверженность старению.

При меняют для изготовления труб, пленок, литых и прессованных несиловых деталей.

Полипропилен является производной этилена. Это жесткий нетоксичный материал с высокими физико-механическими свойствами. Нестабильный полипропилен подвержен быстрому старению. Недостаток полипропилена его невысокая морозостойкость (от -10 до -20С.

Полистирол - твердый, жесткий, прозрачный, аморфный полимер. Удобен для механической обработки, хорошо окрашивается, растворим в бензине. Недостаток его невысокая теплостойкость, склонность к старению и образованию трещин.

Из полистирола изготавливают детали для радиотехники, телевидения и приборов, сосуды для воды и многое другое.

Фторопласт-4 является аморфно-кристаллическим полимером. Разрушение материала происходит при температуре выше 415С. Он стоек к воздействию растворителей, кислот, щелочей и растворителей, не смачивается водой. Недостатки хладотекучесть.

Применяют для изготовления труб, вентилей, кранов, насосов, мембран, уплотнительных прокладок, манжет и др.

**Полярные термопластичные пластмассы.**

Фторопласт-3 - полимер трифторхлортилена. Его используют как низкочастотный диэлектрик, кроме того из него изготавливают трубы, шланги, клапаны, насосы, защитные покрытия металлов и др.

Органическое стекло - это прозрачный аморфный термопласт на основе сложный эфиров акриловой и метакриловой кислот. Материал более чем в 2 раза легче минеральных стекол, отличается высокой атмосферостойкостью, оптически прозрачен. Недостатки невысокая поверхностная твердость.

Применяют для изготовления штампов, литейных моделей и абразивного инструмента.

Поливинилхлорид является аморфным полимером. Пластмассы имеют хорошие электроизоляционные характеристики, стойки к химикатам, не поддерживают горение, атмосферостойки., имеют высокую прочность и упругость.

Изготавливают трубы, детали вентиляционных установок, теплообменников, строительные облицовочные плитки.

Полиамиды - это группа пластмасс с известными названиями капрон, нейлон, анид и др. Они продолжительное время могут работать на истирание , ударопрочны, способны поглощать вибрацию. Стойки к щелочам, бензину, спирту, устойчивы в тропических условиях.

Из них изготавливают шестерни, подшипники, болты, гайки, шкивы и др.

Полиуретаны в зависимости от исходных веществ, применяемых при получении, могут обладать различными свойствами, быть твердыми, эластичными и даже термореактивными.

Полиэтилентерефталат - сложный полиэфир, в России выпускается под названием лавсан, за рубежом - майлар, терилен. Из лавсана изготавливают шестерни, кронштейны, канаты, ремни, ткани, пленки и др.

**Термостойкие пластики.**

Ароматический полиамид - фенилон. Из фенилона изготавливают подшипники, зубчатые колеса, детали электрорадиопередатчиков.

Полибензимидазолы являются ароматическими гетероциклическими полимерами. Обладают высокой термостойкостью, хорошими прочностными показателями. Применяют в виде пленок, волокон, тканей специальных костюмов.

Термореактивные пластмассы

**Пластмассы с порошковым наполнителями** (волокниты, асбоволокниты, стеловолокниты)**.** Волокниты представляют собой композиции из волокнистого наполнителя в виде очесов хлопка, пропитанного фенолоформальдегидными связующими. Применяют для изготовления деталей работающих на изгиб и кручение. Асбоволокниты содержат наполнителем асбест, связующее фенолоформальдегидная смола. Из него получают кислотоупорные аппараты, ванны и трубы.

**Слоистые пластмассы** (гетинакс, текстолит, древеснослоистые пластики, асботесолит) являются силовыми конструкционными о поделочными материалами. Листовые наполнители придают пластику анизотропность. Материалы выпускают в виде листов, плит, труб, заготовок, из которых механической обработкой получают различные детали.

**Газонаполненные пластмассы**

Представляют собой гетерогенные дисперсные системы, состоящие из твердой и газообразной фаз.

**Пенопласты** - материалы с ячеистой структурой, в которых газообразные наполнители изолированы друг от друга и от окружающей среды тонкими слоями полимерного связующего. Обладают хорошей плавучестью и высокими теплоизоляционными свойствами.

Применяют для теплоизоляционных кабин, контейнеров, приборов, холодильников, рефрижераторов, труб и т.п. Мягкие и эластичные пенопласты применяют для амортизаторов, мягких сиденей, губок.

**Сотопласты** Изготавливают из тонких листовых материалов. Для них характерны достаточно высокие теплоизоляционные, электроизоляционные свойства и радиопрозрачность.

Применяют в виде заполнителей многослойных панелей в авиа- и судостроении для несущих конструкций.

**Композиционные материалы с неметаллической матрицей**

**Карбоволокниты**

Карбоволокниты представляют собой композиции, состоящие из полимерного связующего (матрицы) и упрочнителей в виде углеродных волокон (карбоволокон). Они сохраняют прочность при очень высоких температурах, а также при низких температурах.

Эпоксифенольные карбоволокниты КМУ-1л, упрочненный углеродной лентой, и КМУ-1у на жгуте могут длительно работать при температуре до 200С.

Карбоволокниты отличаются высоким статическим и динамическим сопротивлением усталости, водо- и химически стойкие.

КМУ-1л - плотность 1.4т/м3, удельная жесткость 8.6\*103км, ударная вязкость 50кДж/м2.

**Бороволокниты**

Они представляют собой композиции полимерного связующего и упрочнителя - борных волокон. Отличаются высокой прочностью при сжатии, сдвиге и срезе, низкой ползучестью, теплопроводностью и электропроводимостью.

Бороволокниты КМБ-1 и КМБ-1к предназначены для длительной работы при температуре 200С.

Изделия из бороволокнита применяют в авиационной технике.

КМБ-1к - плотность 2.0т/м3, удельная жесткость 10.7\*103км, ударная вязкость 78кДж/м2.

**Органоволокниты**

Представляют собой композиционные материалы, состоящие из полимерного связующего и упрочнителей в виде синтетических волокон. Они устойчивы в агрессивных средах и во влажном тропическом климате; диэлектрические свойства высокие, а теплопроводность низкая.

Органоволокниты применяют в качестве изоляционного и конструкционного материала в электрорадиопромышленности, авиационной технике, автостроении; из них изготовляют трубы, емкости.

**Резиновые материалы**

**Общие сведения**

Резиной называется продукт специальной обработки (вулканизации) каучука и серы с различными добавками.

Резина отличается от других материалов высокими эластическими свойствами, которые присущи каучуку - главному исходному материалу резины. Для резиновых материалов характерна высокая стойкость к истиранию, газо- и водонепроницаемость, химическая стойкость, электроизолирующие свойства и небольшая плотность.

**Резины общего назначения**

К группе резин общего назначения относятся вулканизаторы неполярных каучуков - НК, СКБ, СКС, СКИ.

НК - натуральный каучук. Для получения резины НК вулканизируют серой. Резины на основе НК отличаются высокой эластичностью, прочностью, водо- и газонепроницаемостью, высокими электроизоляционными свойствами.

НК - плотность каучука 910-920кг/м3, предел прочности 24-34МПа, относительное удлинение 600-800%, рабочая температура 80-130С.

СКБ - синтетический каучук бутадиеновый. Каучуки вулканизируют аналогично натуральному каучуку.

СКБ - плотность каучука 900-920кг/м3, предел прочности 13-16МПа, относительное удлинение 500-600%, рабочая температура 80-150С.

СКС - бутадиенстирольный каучук (СКС-10, СКС-30, СКС-50) - это самый распространенный каучук общего назначения.

СКС - плотность каучука 919-920кг/м3, предел прочности 19-32МПа, относительное удлинение 500-800%, рабочая температура 80-130С.

СКИ - синтетический каучук изопреновый. Из этих резин изготавливают шины, ремни, рукава, различные резинотехнические изделия.

СКИ - плотность каучука 910-920кг/м3, предел прочности 31.5МПа, относительное удлинение 600-800%, рабочая температура 130С.

**Резины специального назначения**

**Маслобензостойкие резины** получают на основе каучуков хлоропренового, СКН и тиокола.

Наирит, резины на его основе обладают высокой эластичностью, вибростойкостью, износостойкостью, устойчивы к действию топлива и масел.

Наитрит - плотность каучука 1225кг/м3, предел прочности 20-26.5МПа, относительное удлинение 450-550%, рабочая температура 100-130С.

СКН -бутадиеновый каучук (СКН-18, СКН-26, СКН-40). Резины на его основе применяют для изготовления ремней, конвейерных лент, рукавов, маслобензостойких резиновых изделий.

СКН - плотность каучука 943-986кг/м3, предел прочности 22-33МПа, относительное удлинение 450-700%, рабочая температура 100-177С.

**Теплостойкие резины** получают на основе каучука СКТ.

СКТ - синтетический каучук теплостйкий. В растворителях и маслах он набухает, имеет низкую механическую стойкость, высокую газопроницаемость, плохо сопротивляется истиранию.

СКТ - плотность каучука 1700-2000кг/м3, предел прочности 35-80МПа, относительное удлинение 360%, рабочая температура 250-325С.

**Морозостойкими** являются резины на основе каучуков, имеющих низкие температуры стеклования.

Существует еще ряд различных видов резин специального назначения.

**Клеящиеся материалы и герметики**

**Общие сведения**

Клеи и герметики относятся к пленкообразующим материалам и имеют много общего с ними.

Эти растворы или расплавы полимеров, а также неорганические вещества, которые наносятся на какую-либо поверхность. После высыхания образуют прочные пленки, хорошо прилипающие к различным материалам.

**Конструкционные смоляные и резиновые клеи**

**Смоляные клеи.** В качестве пленкообразующих веществ этой группы клеев применяют термореактивные смолы, которые отверждаются в присутствии катализаторов и отвердителей при нормальной или повышенной температуре.

Клеи на основе модифицированных фенолоформальдегидных смол. Эти клеи применяют преимущественно для склеивания металлических силовых элементов, конструкций из стеклопластика.

Фенолокаучуковые композиции являются эластичными теплостойкими пленками с высокой адгезией к металлам (ВК-32-200, ВК-3, ВК-4, ВК-13 и др.).

Полиуретановые клеи. Композиции могут быть холодного и горячего отверждения. Клеи обладают универсальной адгезией, хорошей вибростойкостью и прочностью при неравномерном отрыве, стойкостью к нефтяным топливам и маслам.

Помимо этих видов клев существует множество других.

**Неорганические клеи**

Эти клеи являются высокотемпературными.

Керамические клеи являются тонкими суспензиями оксидов щелочных металлов в воде. Такие клеи наносятся на склеиваемые поверхности, подсушиваются, а затем при небольшом давлении нагреваются до температуры плавления компонентов и выдерживаются в течение 15-20мин.

Силикатные клеи. Жидкое стекло обладает клеящей способностью, им можно склеивать стекло, керамику, стекло с металлом.

**Герметики**

Герметики применяют для уплотнения и герметизации клепанных, сварных и болтовых соединений, топливных отсеков и баков, различных металлических конструкций, приборов, агрегатов.

Тиоколовые герметики применяют в авиационной и автомобильной промышленности, в судостроении, для строительной техники. У них высокая адгезия к металлам, древесине, бетону. Они стойки к топливу и маслам.

Эпоксидные герметики могут быть холодного и горячего отверждения; работают в условиях тропической влажности, при вибрационных и ударных нагрузках; применяются для герметизации металлических и стеклопластиковых изделий.

**Неорганические материалы**

**Графит**

Графит является одной из аллотропических разновидностей углерода. Это полимерный материал кристаллического пластинчатого строения.

Графит не плавится при атмосферном давлении. Графит встречается в природе, а также получается искусственным путем.

Пиролитический графит получается из газообразного сырья. Его наносят в виде покрытия на различные материалы с целью защиты их от воздействия высоких температур.

Пирографит - объемная масса 1950-2200кг/м3, пористость 1.5%, модуль упругости 112/70ГПа.

**Неорганическое стекло**

Неорганическое стекло следует рассматривать как особого вида затвердевший раствор - сложной расплав высокой вязкости кислотных и основных оксидов.

Механические свойства стекла характеризуются высоким сопротивлением сжатию (500-2000МПа), низким пределом прочности при растяжении (30-90МПа) и изгибе (50-150МПа). Более высокие механические характеристики имеют стекла бесщелочного состава и кварцевые.

**Керамические материалы**

Керамика неорганический материал, получаемый отформованных масс в процессе высокотемпературного обжига.

**Керамика на основе чистых оксидов.** Оксидная керамика обладает высокой прочностью при сжатии по сравнению с прочностью при растяжении или изгибе; более прочными являются мелкокристаллические структуры. С повышением температуры прочность керамики понижается. Керамика из чистых оксидов, как правило, не подвержена процессу окисления.

**Бескислородная керамика.** Материалы обладают высокой хрупкостью. Сопротивление окислению при высоких температурах карбидов и боридов составляет 900-1000С, несколько ниже оно у нитридов. Силициды могут выдерживать температуру 1300-1700С (на поверхности образуется пленка кремнезема).

**Литература**

1. Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. Материаловедение. М.:Машиностроение, 1990

2. Под редакцией С.И. Богодухова, В.А Бондаренко. Технологические процессы машиностроительного производства. Оренбург, ОГУ, 1996