

12. Классификация, маркировка, свойства и применение цветных металлов и сплавов

План

- **Материалы с особыми технологическими свойствами.**
- **Износостойкие материалы.**
- **Материалы с высокими упругими свойствами.**
- **Материалы с малой плотностью.**
- **Материалы с высокой удельной прочностью.**
- **Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды.**

Материалы с особыми технологическими свойствами.

Состояние меди	$\sigma_{\text{в}}$ МПа	δ %
Литая	160	25
Деформированная (проволока)	450	3
Отожженная	220	50

Медь – имеет гранецентрированную кристаллическую решетку, и не имеет полиморфных превращений. Температура плавления 1083°C , плотность $8,9 \text{ г/см}^3$. Физические свойства: высокая пластичность, свариваемость, тепло- и электропроводность, коррозионная стойкость. Механические свойства меди зависят от ее состояния (смотри вышеприведенную таблицу). Недостатки: высокая плотность, плохая обрабатываемость резанием и низкая жидкотекучесть. Медь применяется для изготовления электрических проводов, кабелей, теплообменников, деталей и узлов самолетов, судов и др.

Материалы с особыми технологическими свойствами. Латунь

- **Медные сплавы** обладают высокой пластичностью δ – до 65%. По прочности уступают сталям $\sigma_{\text{в}}$ 300 – 500 МПа. Они делятся на **латуни** и **бронзы**.
- **Латуни** – сплавы меди с цинком. Практическое значение имеют латуни, содержащие до 45% Zn. Однофазные латуни содержат до 39% цинка и представляют собой твердый раствор, остальные – двухфазные и содержат в структуре электронное соединение CuZn. С увеличением цинка цвет сплавов меняется от красноватого до светло-желтого. Латуни с содержанием меди 90% и более называются томпа-ком, 80-85% – полутомпаком.
- В марках деформируемых латуней указывается содержание легирующих элементов в %. В марках литейных латуней указывается содержание Zn, а количество легирующих элементов ставится за соответствующей буквой.
- Применение: ленты, листы, проволока, детали с низкой твердостью (шайбы, втулки, уплотнительные кольца), детали, изготовленные методом глубокой вытяжки (радиаторные трубки, снарядные гильзы). Легированные латуни применяют в речном и морском и судостроении, т.к. они коррозионно-стойкие.

Материалы с особыми технологическими свойствами. Бронзы

- **Бронзы** – сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, бериллием, кадмием, хромом и др. Различают оловянные бронзы и безоловянные (алюминиевые, бериллиевые, кремнистые и др).
- Из оловянных бронз практическое значение имеют бронзы, содержащие до 10% олова.. Применение: паровая и водяная аппаратура, подшипники, зубчатые колеса, пружины и др.
- Из безоловянных бронз самыми распространенными являются алюминиевые, которые превосходят оловянные по механическим свойствам (БрА7, БрАЖН10-4-4). Бериллиевые бронзы (БрБ2) имеют высокую прочность ($\sigma_v = 1200$ МПа) и упругость. Из них изготавливают мембраны, пружины в приборах.

Таблица легирующих элементов для медных сплавов

Буква	Легирующий элемент
А	Алюминий
Н	Никель
О	Олово
С	Свинец
Мц	Марганец
Ф	Фосфор
Ж	Железо
Б	Бериллий
К	Кремний
Ц	Цинк

Примеры маркировки медных сплавов

- Л80 – цифра показывает среднее содержание меди.
- ЛАН-59-3-2 латунь, содержит 59% Cu, 3% алюминия, 2% никеля, остальное – цинк (деформируемый сплав).
- ЛЦ40Мц3А латунь, содержит 40% Zn, 3% марганца, и 1% алюминия (литейный сплав).
- Оловянные латуни ЛО70-1 называются *морскими*.
- БрОФ10-1 – оловянная бронза с содержанием олова 10%, фосфора – 1%, остальное – медь.

Материалы с особыми технологическими свойствами. Медно-никелевые сплавы

- Кроме латуней и бронз находят применение медно-никелевые сплавы, обладающие высокими электрическими свойствами:
- Мельхиор – сплав меди, никеля (18-30%), железа (0,8%) и марганца (1%)
- Нейзильбер – сплав меди, никеля (13,5 -16,5%) и цинка (18-22%)
- Константан – сплав меди, никеля (39-41%) и марганца (1-2%).

Износостойкие материалы.

- Износ деталей машин и аппаратов может быть вызван трением металлических деталей друг о друга и воздействием рабочей среды - потоком жидкости или газа, царапанием твердых частиц и другими поверхностными процессами. Механизм износа в основном состоит в том, что с поверхности металла вырываются мелкие частицы. Износостойкость определяется твердостью и сопротивлением хрупкому разрушению.
- Материалы, устойчивые к абразивному изнашиванию:
- Для наиболее тяжелых условий работы** (зубья ковшей экскаваторов, пики отбойных молотков и др.) применяют **карбидные сплавы** – используют в виде литых и наплавочных материалов. Это сплавы с высоким содержанием углерода (до 4%) и карбидообразующих элементов (хром, вольфрам, титан). В их структуре до 50% специальных карбидов, матричная фаза – может быть мартенситной, аустенито-мартенситной и аустенитной.

Износостойкие материалы.

- Для условий больших давлений и ударных нагрузок (крестовины ж/д рельсов, ковши экскаваторов) – высоко-марганцовистая аустенитная сталь 110Г13Л (1,1%С и 13% Mn. Л-литейная, т.к. плохо обрабатывается резанием).
- Для средних условий изнашивания (обработка резанием стальных отливок, поковок, для высокоскоростного резания сталей) применяют **спеченные твердые сплавы**. Структура: специальные карбиды (WC, TiC, TaC), связанные кобальтом. **Высокоуглеродистые стали** – хромистые и быстрорежущие: X12, X12М, P18, P6М5.
- Для более легких условий изнашивания применяют низко- и среднеуглеродистые стали с различными видами поверхностного упрочнения и чугуны. В частности, для деталей, работающих в условиях граничной смазки (гильзы цилиндров, коленчатые валы, поршневые кольца и др.). В чугунах графит оказывает смазывающее действие и повышает его износостойкость.

Износостойкие материалы.

- Материалы, устойчивые к усталостному виду изнашивания.
- Применяются для изготовления подшипников качения и зубчатых колес. Высокая контактная выносливость может быть обеспечена при высокой твердости поверхности. Поэтому к материалам данной группы относятся: **подшипниковая сталь** (высокоуглеродистая сталь после сквозной закалки и низкого отпуска. Марки: ШХ4, ШХ15, ШХ15ГС, ШХ20ГС, где буква **Ш** означает шарикоподшипниковую сталь. Детали крупногабаритных роликовых подшипников диаметром до 2 м изготавливают из сталей 12ХН3А, 12Х2Н4А, подвергая их цементации на большую глубину.
- Антифрикционные материалы.
- Предназначены для изготовления подшипников скольжения. Они имеют низкий коэффициент трения скольжения и малую скорость изнашивания сопряженной детали – стального или чугунного вала.

Износостойкие материалы.

- **Баббиты** – мягкие антифрикционные сплавы на оловянной или свинцовой основе. Баббиты применяют в виде тонкого покрытия ($<1\text{мм}$) рабочей поверхности опоры скольжения.
- **Бронзы** – применяют для монолитных подшипников скольжения. Иногда их заменяют латунями.
- **Алюминиевые сплавы** – так же имеют высокие антифрикционные свойства.
- В настоящее время наибольшее распространение получили многослойные подшипники (стальное основание + слой свинцовой бронзы + тонкий слой никеля + баббиты).
- **Фрикционные материалы** -
- Материалы с высоким коэффициентом трения, высокой теплопроводностью и теплостойкостью, а так же высокой прочностью и минимальным износом.
- Их применяют в тормозных устройствах и механизмах, передающих крутящий момент. К этой группе материалов относятся **металлические спеченные материалы на основе железа и меди.**

Материалы с высокими упругими свойствами

- Сюда относятся стали и сплавы, имеющие высокие предел упругости, предел выносливости.
- Рессорно-пружинные стали (углеродистые и легированные) – для жестких упругих элементов: 65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 60СГА, 60С2ХА и др.
- Для упругих элементов приборов – бериллиевые бронзы, у которых предел упругости приблиз. как у сталей, а модуль упругости почти в 2 раза меньше.

Материалы с малой плотностью.

Алюминий и его сплавы

- Легкие материалы широко применяют в авиации, ракетной и космической технике и других отраслях промышленности: алюминий, магний, композиционные материалы, пластмассы.
- **Al** – металл серебристо-белого цвета, не имеет полиморфных превращений, имеет гранецентрированную кубическую решетку, температуру плавления 660°C , плотность $2,7 \text{ г/см}^3$, хорошую тепло- и электропроводность, высокую пластичность и коррозионную стойкость. Ввиду низкой прочности алюминий применяют для ненагруженных деталей (цистерны для перевозки нефти, трубопроводы, посуда и т.д.), теплообменников в холодильниках. Благодаря высокой электропроводности из алюминия изготавливают провода, конденсаторы, кабели и др.

Материалы с малой плотностью. Алюминий и его сплавы

- Алюминиевые сплавы подразделяют на
- -Деформируемые (в том числе спеченные) — листы, прутки, профили
- -Литейные — для фасонного литья.
- Деформируемые алюминиевые сплавы делятся на *термически упрочняемые* и *термически неупрочняемые*.
- К термически неупрочняемым относятся сплавы алюминия с марганцем (АМц) и с магнием (АМг2, АМг3, АМГ6). Их применяют для изделий, получаемых глубокой вытяжкой, сваркой, от которых требуется высокая коррозионная стойкость (трубопроводы для бензина и масла, сварные баки), а также для корпусов и мачт судов, лифтов, узлов подъемных кранов и др.

Материалы с малой плотностью. Алюминий и его сплавы

- К сплавам, упрочняемым термической обработкой относятся **дуралюмины** - (маркируют буквой Д, цифра – условный номер (Д1)). Характеризуются хорошим сочетанием прочности и пластичности и относятся к сплавам системы Алюминий–Медь–Магний. Дуралюмины широко применяют в авиации, в строительстве. Из сплава Д1 изготавливают лопасти воздушных винтов, из Д18 - заклепочный алюминиевый сплав
- Литейные алюминиевые сплавы. Наиболее распространены **силумины** – сплавы алюминия с кремнием (АЛ2, АЛ4, АЛ9). Из них изготавливают средние и крупные литые детали ответственного назначения (корпус компрессора, головки цилиндров).
- Гранулированные и порошковые Al-сплавы. Гранулирование производится распылением расплава при высоких скоростях охлаждения 10^5 - 10^8 °С/с. При этом повышаются механические свойства. Гранулы брикетируют, а затем подвергают пластическому деформированию. Спеченные алюминиевые порошки (САП) обладают высокой жаропрочностью (до 500 °С).

Материалы с высокой удельной

прочностью

- Наибольшей удельной прочностью обладают сплавы **титана**, бериллия и композиционные материалы.
- **Титан** – металл серебристо-белого цвета, плотность $4,5 \text{ г/см}^3$, температура плавления 1672°C . Имеет две полиморфные модификации.
- Титан легкий, прочный, тугоплавкий, более коррозионно-стойкий, чем нержавеющие стали (за счет пленки TiO_2). Титан обрабатывается давлением в холодном и горячем состоянии, хорошо сваривается, но плохо обрабатывается резанием. Недостаток: низкий модуль упругости (в 2 раза меньше, чем у железа и никеля), что затрудняет изготовление жестких конструкций. Высокая прочность титана сохраняется так же в условиях глубокого холода: при -269°C $\sigma_{\text{в}} = 1250 \text{ МПа}$. Сплавы маркируют буквами "ВТ" и порядковым номером: ВТ1-00, ВТ3-1, ВТ4, ВТ8, ВТ14.
- Применение: в авиации, ракетной технике, судостроении, химической и др. отраслях промышленности (Обшивка сверхзвуковых самолетов, детали реактивных авиационных двигателей, баллоны для сжатых и сжиженных газов, обшивка морских судов и подводных лодок).

Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды

- Коррозионно-стойкие материалы, способные сопротивляться коррозионному воздействию среды.
- - Электроположительные металлы (стандартный электродный потенциал положительный): золото, платина, серебро, медь, а так же олово и свинец, потенциал которых имеет небольшое электроотрицательное значение.
- Cu, Sn, Pb – используют во влажной атмосфере, морской воде, и многих органических кислотах.
- Пассивирующиеся металлы :Ti, Al, Cr –пассивируются (образуется плотная пленка) на воздухе. Пассивное состояние сохраняется во многих средах, но исчезает в средах, содержащих мало кислорода и много ионов хлора Cl⁻ (морская вода, неокисляющие кислоты).

Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды

- Металлы, склонные к пассивированию используют как легирующие элементы в сплавах. **Хромистые стали** (хрома более 12,5%) коррозионно-стойкие при невысоких температурах (до 30°C) во влажной атмосфере воздуха, водопроводной и речной воде, азотной и многих органических кислотах. В морской воде происходит коррозионное растрескивание.
- Дополнительное легирование Ni или Mn высокохромистых сталей позволяет получать в результате т/о однофазную аустенитную структуру. Сталь приобретает высокую коррозионную стойкость с повышенной прочностью и пластичностью.

Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды

- Жаростойкие материалы, способные сопротивляться коррозионному воздействию газа при высоких температурах.
- Отличная жаростойкость у Au, Ag, Pt, т.к у них малое химическое сродство к кислороду.
- Хорошая жаростойкость у Al, Zn, Sn, Pb, Cr, Mn, Be, т.к на поверхности образуются плотная оксидная пленка с хорошими защитными свойствами.
- Металлы и сплавы, обладающие плохой жаростойкостью (Ti, Fe) защищают жаростойкими покрытиями, либо легированием (в сплавы на основе Fe вводят Cr до 30%)

Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды

- Жаропрочные материалы.
- **Аустенитные жаропрочные стали** применяются при температурах выше 600 °С. Основные легирующие элементы – Cr и Ni . Марки: 10Х18Н12Т, 37Х12Н8Г8МФБ, 10Х11Н20Т3Р и др.
- **Никелевые сплавы** –применяют для изготовления сопловых лопаток турбин (до 1150 °С), дисков турбин (до 600 - 800°С). Марки: ХН60ВМТКЮ,ХН77ТЮР и др.
-