

# Цветные металлы и сплавы

Алюминий и сплавы на основе алюминия.

Медь и сплавы на основе меди

Титан и сплавы на основе титана

Магний и сплавы на его основе

# Цветные металлы

К цветным металлам и сплавам относятся практически все металлы и сплавы, за исключением железа и его сплавов, образующих группу черных металлов.

Цветные металлы в природе (на земном шаре) встречаются реже, чем железо, а их добыча часто стоит дороже, чем железа.

Цветные металлы часто обладают такими свойствами, которые у железа, чугуна и сталей не обнаруживаются, это высокой теплопроводностью (алюминий, медь), низкой плотностью (алюминий, магний), высокой коррозионной стойкостью (титан, алюминий).

# Цветные металлы

По физическим свойствам цветные металлы делятся на группы.

1. Редкие металлы – германий, индий, цирконий.
2. Тяжелые металлы – медь, свинец, цинк, олово, никель.
3. Легкие металлы – алюминий, титан, магний.
4. Драгоценные металлы – золото, серебро, платина, палладий.

Различают металлургию легких металлов и сплавов и металлургию тяжелых металлов и сплавов

Легкие металлы обладают невысокой и малой плотностью. Легкие металлы применяют для получения легких сплавов различного назначения и в качестве легирующих добавок в других сплавах и сталях.

Тяжелые металлы имеют более высокую плотность. Применение тяжелых металлов и сплавов разнообразное.

По технологии изготовления заготовок и изделий цветные сплавы делятся также на деформируемые, литые и иногда спечённые.

# Медь и сплавы меди

**Медь** — металл красного цвета, кристаллизующийся при температуре **1083°C** с образованием **ГЦК** решетки, период которой равен  $a = 0,36153$  нм. Полиморфных превращений нет. По плотности при 20°C,  $\rho = 8,96$  г/см<sup>3</sup>, медь относится к тяжелым цветным металлам. По величинам электропроводности ( $\chi = 5,96 \cdot 10^7$  1/(Ом\*м)) и теплопроводности ( $\lambda = 397$  Вт/(м·К)) медь находится после серебра, на втором месте. У отожженной меди высокой частоты предел прочности  $\sigma_b = 220$  МПа, максимальное удлинение  $\delta = 50$  %, а ее модуль упругости выше, чем у поликристаллического титана, алюминия и магния, и составляет  $E = 132$  ГПа.

Медь обладает сравнительно хорошей коррозионной стойкостью, при температурах ниже 185°C с сухим воздухом и кислородом не взаимодействует. В присутствии влаги и СО<sub>2</sub> на поверхности меди образуется зеленая пленка основного карбоната (CuCO<sub>3</sub>·CuОН<sub>2</sub>). При нагревании меди на воздухе идет поверхностное окисление, ниже 375°C образуется CuO, а выше 375°C до плавления возникает двухслойная окалина, в поверхностном слое которой находится CuO, а во внутреннем слое - Cu<sub>2</sub>O.

# Медь и сплавы меди

Три основных свойства меди определили ее значительную роль в технике:

**высокая электропроводность,**

**пластичность,**

**теплопроводность.**

Благодаря этим свойствам более 50 % добываемой меди применяют в электротехнической и электронной промышленности для изготовления проводников электрического тока. Все примеси понижают электропроводность меди, поэтому для проводников используют металл высших сортов, содержащий не менее 99,9 % Cu. Высокая теплопроводность и сопротивление коррозии позволяют производить из меди и специальных сплавов на ее основе (микролегированные теплопроводные сплавы и малолегированные сплавы, сочетающие теплопроводность и жаропрочность) ответственные детали для теплообменников, холодильников, вакуумных аппаратов и т. п.

Около 30–40 % Cu используют в виде различных сплавов, среди которых латуни, бронзы, медно-никелевые сплавы.

Среди цветных металлов по объему потребления медь находится после алюминия на втором месте.

# Медь и сплавы меди

В технике применяют две большие группы медных сплавов. Это **латуни** и **бронзы**.

**Латуни** - сплавы меди с цинком (до 50 мас.% Zn) и небольшими добавками алюминия, кремния, свинца, никеля, марганца (ГОСТ 15527-70, ГОСТ 17711-80).

Медные сплавы, предназначенные для изготовления деталей методами литья, называют литейными, а сплавы, предназначенные для изготовления деталей пластическим деформированием – сплавами, обрабатываемыми давлением.

Латуни дешевле меди и превосходят ее по прочности, вязкости и коррозионной стойкости. Обладают хорошими литейными свойствами.

Латуни, применяются в основном для изготовления деталей штамповкой, вытяжкой, раскаткой, вальцовкой, т.е. процессами, требующими высокой пластичности материала заготовки. Из латуни изготавливаются гильзы различных боеприпасов.

# Медь и сплавы меди

В зависимости от числа компонентов различают простые (двойные) и специальные (многокомпонентные) латуни.

Простые латуни содержат только Cu и Zn.

Специальные латуни содержат от 1 до 8 мас.% различных легирующих элементов, повышающих механические свойства и коррозионную стойкость.

Al, Mn, Ni повышают механические свойства и коррозионную стойкость латуней. Свинец улучшает обрабатываемость резанием. Кремнистые латуни обладают хорошей жидкотекучестью и свариваемостью.

# Медь и сплавы меди

**Бронзы** – это сплавы меди с оловом (4-33 мас.% Sn), свинцом (до 30 мас.% Pb), алюминием (5-мас.11% Al), кремнием (4-5 мас.% Si), сурьмой, фосфором и другими элементами.

**Бронзы** – это всякий медный сплав, кроме латуни. Это сплавы меди, в которых цинк не является основным легирующим элементом. Общей характеристикой бронз является высокая коррозионная стойкость и антифрикционность (от анти- и лат. frictio- трение). Бронзы отличаются высокой коррозионной устойчивостью и антифрикционными свойствами. Из них изготавливают вкладыши подшипников скольжения, венцы червячных зубчатых колес и другие детали.

Высокие литейные свойства некоторых бронз позволяют использовать их для изготовления художественных изделий, памятников, колоколов.

По химическому составу делятся на **оловянные бронзы** и **безоловянные (специальные)**.

# Медь и сплавы меди

**Оловянные** бронзы обладают высокими механическими, литейными, антифрикционными свойствами, коррозионной стойкостью, обрабатываемостью резанием, но имеют ограниченное применение из-за дефицитности и дороговизны олова.

**Специальные бронзы** не только служат заменителями оловянных бронз, но и в ряде случаев превосходят их по своим механическим, антикоррозионным и технологическим свойствам.

# Медь и сплавы меди

**Алюминиевые бронзы** содержат 5-11 мас.% алюминия. Имеют более высокие механические и антифрикционные свойства, чем у оловянных бронз, но литейные свойства – ниже. Для повышения механических и антикоррозионных свойств вводят железо, марганец, никель. Из этих бронз изготавливают различные втулки, направляющие, мелкие ответственные детали.

**Бериллиевые бронзы** содержат 1,8-2,3% бериллия отличаются высокой твердостью, износоустойчивостью и упругостью. Их применяют для пружин в приборах, которые работают в агрессивной среде.

У **кремнистых бронз** кремния 3-4 мас.%, а легированные никелем, марганцем, цинком по механическим свойствам приближаются к сталям.

**Свинцовистые бронзы** содержат 30 мас.% свинца, являются хорошими антифрикционными сплавами и идут на изготовление подшипников скольжения.

# Медь и сплавы меди

**Медные сплавы** обозначают начальными буквами их названия (**Бр** или **Л**), после чего следуют первые буквы названий основных элементов, образующих сплав, и цифры, указывающие количество элемента в процентах.

Примеры:

- БрА9Мц2Л – бронза, содержащая 9% алюминия, 2% Мп, остальное Сu («Л» указывает, что сплав литейный);
- ЛЦ40Мц3Ж – латунь, содержащая 40% Zn, 3% Мп, ~1% Fe, остальное Сu;
- Бр0Ф8,0-0,3 – бронза содержащая 8% олова и 0,3% фосфора;
- ЛАМш77-2-0,05 – латунь содержащая 77% Сu, 2% Al, 0,055 мышьяка, остальное Zn (в обозначении латуни, предназначенной для обработки давлением, первое число указывает на содержание меди).

В несложных по составу латунях указывают только содержание в сплаве меди:

- Л96 – латунь содержащая 96% Сu и ~4% Zn (томпак);
- Лб3 – латунь содержащая 63% Сu и 37% Zn.

Высокая стоимость меди и сплавов на ее основе привела в 20 веке к поиску материалов для их замены. В настоящее время их успешно заменяют пластиками, композиционными материалами.

# Алюминий и сплавы алюминия

**Алюминий** – металл серебристо-белого цвета. Он не имеет полиморфных превращений и кристаллизуется в ГЦК решётку с параметром решетки  $a = 0,4041$  нм при  $20^{\circ}\text{C}$ .

**Алюминий обладает малой плотностью, хорошими теплопроводностью и электрической проводимостью, высокой пластичностью и коррозионной стойкостью.**

Температура плавления алюминия составляет  $660^{\circ}\text{C}$ . Плотность алюминия  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>. Алюминий имеет также высокую теплопроводность ( $\lambda = 237$  Вт/(м·К)) и электропроводность ( $\chi = 3,9 \cdot 10^7$  1/(Ом\*м)). Электропроводность алюминия чистоты 99,5 мас.% составляет 62,5 % от электропроводности меди. Алюминий — парамагнитный металл. Модуль упругости алюминия равен  $E = 70$  ГПа, это довольно высоко значение, но значительно меньшее, чем у сталей.

# Алюминий и сплавы алюминия

Слитки или заготовки **алюминия** маркируется буквой **А** и цифрой, указывающей на содержание алюминия. Алюминий особой чистоты имеет марку **А999** – содержание **Al** в этой марке **99,999%**. Алюминий высокой чистоты – **А99**, **А95** содержат **Al** **99,99%** и **99,95%** соответственно. Технический алюминий – **А85**, **А8**, **А7** и др.

Применяется в электропромышленности для изготовления проводников тока, в пищевой и химической промышленности. Алюминий не стоек в кислой и щелочной среде, поэтому алюминиевая посуда не используется для маринадов, солений, кисломолочных продуктов. Применяется в качестве раскислителя при производстве стали, для алитирования деталей с целью повышения их жаростойкости. В чистом виде применяется редко из-за низкой прочности,  $\sigma_B = 50$  МПа.

Различают **деформируемые алюминиевые сплавы** и **литейные алюминиевые сплавы**.

# Алюминий и сплавы алюминия

## Деформируемые алюминиевые сплавы

В зависимости от возможности термического упрочнения деформируемые алюминиевые сплавы подразделяются на неупрочняемые и упрочняемые термической обработкой.

К сплавам, неупрочняемым т/о относятся сплавы Al с Mn (АМц1), и сплавы Al с Mg (АМг 2, АМг3). Цифра – условный номер марки.

Эти сплавы хорошо свариваются, обладают высокими пластическими свойствами и коррозионной стойкостью, но невысокой прочностью, Упрочняются эти сплавы нагартовкой. Сплавы данной группы нашли применение в качестве листового материала, используемого для изготовления сложных по форме изделий, получаемых холодной и горячей штамповкой и прокаткой. Изделия, получаемые глубокой вытяжкой, заклепки, рамы и т.д.

# Алюминий и сплавы алюминия

## Деформируемые алюминиевые сплавы

Сплавы, упрочняемые термической обработкой, широко применяются в машиностроении, особенно в самолетостроении, т.к. обладают малым удельным весом при достаточно высоких механических свойствах. К ним относятся следующие.

Дуралюмины – основные легирующие компоненты - медь и магний:

Д1 – лопасти воздушных винтов, Д16 – обшивки, шпангоуты, лонжероны самолетов, Д17 – основной заклепочный сплав.

Высокопрочные сплавы – В95, В96 наряду с медью и магнием содержат еще значительное количество цинка. Применяют для высоконагруженных конструкций.

Сплавы повышенной пластичности и коррозионной стойкости – АВ, АД31, АД33. Лопасти вертолетов, штампованные и кованные детали сложной конфигурации.

# Алюминий и сплавы алюминия

## Литейные алюминиевые сплавы

Наиболее широко распространены сплавы системы Al-Si- силумины.

Силумин имеет сочетание высоких литейных и механических свойств, малый удельный вес. Типичный силумин сплав АЛ2 (АК12) содержит 10-13 мас.% Si, Подвергается закалке и старению (АК7 (АЛ9), АК9 (АЛ4)).

# Титан и сплавы титана

**Титан** — переходный металл IV группы Периодической системы, атомный номер **22**, температура плавления - **1670°C**, плотность  $\rho = 4,505 \text{ г/см}^3$ .

При температурах до **882,5°C** устойчива низкотемпературная  $\alpha$ -модификация титана с ГПУ решеткой (параметры решетки:  $a = 0,29503 \text{ нм}$ ,  $c = 0,46831 \text{ нм}$ ,  $c/a = 1,5873$ ).

При более высоких температурах, вплоть до плавления, существует высокотемпературная  $\beta$ -модификация с ОЦК решеткой ( $a = 0,3282 \text{ нм}$ ).

Титан имеет очень низкую теплопроводность ( $\lambda = 18,85 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ) - в 4 раза меньшую, чем у железа. Удельная электропроводность титана -  $\chi = 1,72 \cdot 10^7 \text{ 1/(Ом}\cdot\text{м)}$ . Модуль упругости титана составляет  $E = 110 \text{ ГПа}$ .

Чистый йодидный титан (99,9–99,9 мас.% Ti) обладает высокой пластичностью при сравнительно низкой прочности (предел прочности  $\sigma_b = 220\text{--}260 \text{ МПа}$ ; предел текучести  $\sigma_{0,2} = 100\text{--}125 \text{ МПа}$ ; максимальное удлинение  $\delta = 50\text{--}270 \%$ ), что объясняется отношением периодов кристаллической решетки  $c/a = 1,587$ , которое меньше, чем у идеальной ГПУ решетки, поэтому скольжение идет в небазисных плоскостях. В  $\beta$ -Ti механизм скольжения такой же, как и в других металлах с ОЦК решеткой.

# Титан и сплавы титана

Впервые оксид титана был обнаружен в 1791 году. Сделал это открытие У. Грегор (англичанин). Он взял пробу железистого песка на пляже Корнуолла и проводил над ним исследования. В результате экспериментов учёный выделил оксид неизвестного металла, которому так и не дал название. Назвал этот элемент титаном другой учёный - Мартин Генрих Клапрот (немец). В 1825 году другой исследователь Йёнс Якоб Берцелиус смог выделить образец этого металла из оксида.

Титан занимает десятое место по распространению в природе.

# Титан и сплавы титана

Титан благодаря защитной пленке из рутила ( $\text{TiO}_2$ ) обладает при комнатной температуре очень высокой коррозионной стойкостью в воздушной атмосфере, морской воде и во многих агрессивных средах. При повышенных температурах титан активно взаимодействует с кислородом, азотом, водородом, оксидом и диоксидом углерода, водяным паром, аммиаком. При нагреве на воздухе в основном происходит окисление. По этой причине плавка и заливка титановых сплавов ведется в вакуумных печах. В расплавленном состоянии титан реагирует со всеми известными формовочными и огнеупорными материалами, поэтому его плавят в гарнисаже — своеобразной скорлупе из того же металла, помещенной в охлаждаемый графитовый тигель. Водород из металла можно удалить вакуумным отжигом.

# Титан и сплавы титана

Титановый сплав имеет достаточно высокие литейные свойства вследствие малого интервала кристаллизации и высокую жидкотекучесть, что обеспечивает получение плотных отливок. Для изготовления тонкостенных деталей из титановых сплавов применяют центробежное литье, при котором заполнение формы расплавом и его кристаллизация происходят под воздействием центробежных сил. Сочетание высокой удельной прочности (выше, чем у большинства сталей) и коррозионной стойкости определяет главную область применения титановых сплавов: аэрокосмическая техника. Титановые сплавы применяют в авиации и ракетостроении для деталей, работающих до температур —  $500^{\circ}\text{C}$ , когда алюминиевые и магниевые сплавы использовать нельзя. Другие важные области применения титана и его сплавов - химическое машиностроение, судостроение, медицинское материаловедение.

# Титан и сплавы титана

Среди титановых сплавов выделяют три большие группы - **высокопрочные конструкционные сплавы, жаропрочные сплавы** и сплавы на основе химического соединения (**химические сплавы**).

По области применения также выделяют литейные и деформируемые сплавы.

# Титан и сплавы титана

- 1. Конструкционные сплавы** - высокопрочные соединения, которые легко поддаются обработке благодаря высокому показателю пластичности. Из этих сплавов изготавливаются детали, которые устанавливаются в оборудовании, работающим с большими нагрузками.
- 2. Жаропрочные сплавы** с низкой плотностью. Это аналог соединений с никелем, но с меньшей ценой. В зависимости от химического состава меняется устойчивость сплава титана к высоким температурам.
- 3. Соединения на основе химических соединений.** Представители этой группы имеют жаропрочную структуру и низкую плотность. Снижение плотности напрямую влияет на снижение веса материала. Такие сплавы используют при изготовлении деталей для автомобилей, каркасов для летательных аппаратов и корпусов для кораблей.

# Титан и сплавы титана

Титановые сплавы лишены основных недостатков чистого металла. При добавлении сторонних материалов изменяются его характеристики. Ключевые свойства титановых сплавов: устойчивость к коррозионным процессам; малая плотность; большая удельная прочность.

Также сплавы более устойчивы к воздействию высоких температур. Благодаря повышенной защите от воздействия кислот и щелочей сплавы на основе этого материала получили популярность в химической промышленности и медицине. Их используют в строительстве, изготовлении оборудования, машин, самолётов, ракет и кораблей. Титан и соединения на его основе распространены в различных направлениях промышленности. Этот металл обладает уникальными характеристиками, которые выделяют его на фоне других материалов. Из-за сложностей получения чистого металла цена на него достаточно высока.

# Титан и сплавы титана

Сплавы титана могут состоять либо из  $\alpha$ -фазы, либо из  $\beta$ -фазы или  $\alpha+\beta$ -фазы. Однако широко применяются в промышленности только  $\alpha+\beta$ -сплавы,  $\alpha$ -сплавы имеют ограниченное применение, а  $\beta$ -сплавы не применяются. В настоящее время  $\beta$ -сплавы рассматриваются для применения в медицинских аспектах. Сплавы имеют низкий модуль упругости ( $E =$  не менее 50 ГПа) , сопоставимый с модулем упругости костной ткани живых организмов ( $E =$  менее 40 ГПа)

Алюминий расширяет область  $\alpha$ -фазы и вводится в жаропрочные сплавы. Ванадий не образует эвтектоида с титаном и незначительно повышает прочность сплавов титана. По некоторым данным сплавы титан-ванадий склонны к водородной хрупкости. Марганец сильно замедляет эвтектоидный распад, упрочняет  $\beta$ -фазу и способствует термообработке. Двойные сплавы типа Ti+8% Mn склонны к водородной хрупкости. Молибден повышает твердость титановых сплавов, а вместе с алюминием придает сплавам жаропрочность. Олово также расширяет область  $\alpha$ -фазы и хотя придает титану несколько меньшую жаропрочность, чем алюминий, но в меньшей мере снижает пластичность.

# Титан и сплавы титана

**Хром** в большинстве случаев вводится в титан в виде феррохрома. Хром замедляет эвтектоидный распад. Детали из сплавов титана с хромом мало пригодны для работы под напряжением и при повышенных температурах.

Действие **железа** подобно хрому. Титан с железом дает сплавы, в которых эвтектоидный распад протекает относительно медленно; железо способствует повышению твердости и снижает прочность при высоких температурах.

Для упрочнения  $\alpha$ -титана используются также **цирконий** и **кремний**, для упрочнения  $\beta$ -титана — **ниобий** и **вольфрам**.

По последним данным, **медь**, **никель** и **кремний** дают с титаном сплавы, в которых эвтектоидный распад протекает очень быстро. Этим сплавам можно придавать желаемые свойства, охлаждая их с различной скоростью.

Одновременная присадка в титан **марганца**, **алюминия** или **кремния**, **бериллия** и **бора**, дающих химические соединения, позволяет упрочнять сплавы термической обработкой.

Механические свойства титана в значительной степени зависят от чистоты его и способа получения.

# Титан и сплавы титана

Примеры широко применяемых сплавов титана

Сплав	Содержание элементов, %				Структура	$\sigma_{в}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>
	Al	V	Mo	Прочие					
BT5	4,5-6,2	1,2	0,9	0,3Zr	$\alpha$ -сплавы	700-950	660-850	10-15	0,3-0,5
ЗМ	3,5-5	-	-	-		600-700	470-650	10	0,45
ПТЗВ	3,5-5	1,2-2,5	-	-		Псевдо- $\alpha$ -сплавы	636	588	10
OT4	3,5-5	-	-	0,8-2Mn	700-900		550-650	12-20	0,5
BT20	5,5-7,0	0,8-2,5	0,5-2,0	1,5-2,5Zr	950-1150		850-1000	8	0,4-0,5
BT6	5,3-6,8	3,5-5,3	-	-	$(\alpha+\beta)$ -сплавы	1100-1150	1000-1050	14-16	0,3
BT14	3,5-6,3	0,9-1,9	2,5-3,8	0,3Zr		1150-1400	1080-1300	6-10	0,3
BT16	1,6-3,8	4,0-5,0	4,5-5,5	-		1250-1450	1100-1200	4-6	0,4-0,6

# Магний и сплавы магния

**Магний** - двухвалентный элемент, имеющий ГПУ решетку с соотношением осей  $c/a = 1,62$  ( $c = 0,02$  нм,  $a = 0,32$  нм), почти равным теоретическому значению (1,633). По химическим свойствам магний относится к щелочно-земельным металлам. Температура плавления магния чистотой 99,99 % составляет **651°C**. Плотность магния при 20°C  $\rho = 1,738$  г/см<sup>3</sup>. Значения теплопроводности ( $\lambda = 156$  Вт/(м·К)) и электропроводности ( $\chi = 2,2 \cdot 10^7$  1/(Ом·м)) составляют ~1/3 от соответствующих значений для меди. Модули Юнга и сдвига невелики и составляют всего **44,1** ГПа и **17,8** ГПа соответственно. Модули упругости магния анизотропны. Магний при низких температурах обладает невысокой прочностью ( $\sigma_B = 180$  МПа), но выше, чем у алюминия ( $\sigma_B = 70$  МПа). Максимальное удлинение  $\delta = \sim 10\%$ .

# Магний и сплавы магния

**Магний** - химически активный металл. Свежая поверхность металла быстро тускнеет из-за окисления на воздухе с образованием на поверхности оксидной пленки из MgO, которая защищает от окисления до температуры 450°C. При более высоких температурах резко возрастает скорость окисления магния, оксидная пленка становится рыхлой, пористой, вследствие чего облегчается доступ кислорода к поверхности металла. При нагреве на воздухе до температур выше 623°C магний воспламеняется и горит, излучая ослепительный яркий свет. Таким образом, оксидная пленка на магнии не обладает достаточными защитными свойствами при повышенных температурах.

Чистый магний из-за низких механических свойств ( $\sigma_B = 100-190$  МПа, относительное удлинение  $\delta = 6-17\%$ ) как конструкционный материал практически не применяют. Его используют в пиротехнике, в химической промышленности для синтеза органических соединений, в металлургии различных металлов и сплавов как раскислитель, восстановитель и легирующий элемент.

# Магний и сплавы магния

В зависимости от содержания примесей установлены следующие марки магния:

Мг96 (99,96 мас.% Mg)

Мг95 (99,95 мас.% Mg)

Мг90 (99,90 мас.% Mg)

(99,9999 мас.% Mg) - магний высокой чистоты.

# Магний и сплавы магния

Достоинством магниевых сплавов является высокая прочность. Предел прочности магниевых сплавов достигает  $\sigma_B = 250-400$  МПа при плотности менее 2 грамм на кубический сантиметр, для магния  $\rho = 1,738$  г/см<sup>3</sup>. Сплавы в горячем состоянии хорошо куются, прокатываются и прессуются. Магниевые сплавы хорошо обрабатываются резанием (лучше, чем стали, алюминиевые и медные сплавы), хорошо шлифуются и полируются. Удовлетворительно свариваются контактной и дуговой сваркой в среде защитных газов.

К недостаткам магниевых сплавов наряду с низкой коррозионной стойкостью и малым модулем упругости следует отнести плохие литейные свойства, склонность к газонасыщению, окислению и воспламенению при их приготовлении.

По механическим свойствам магниевые сплавы подразделяют на сплавы невысокой и средней прочности, высокопрочные и жаропрочные, по склонности к упрочнению с помощью термической обработки – на упрочняемые и неупрочняемые.

# Магний и сплавы магния

## Деформируемые магниевые сплавы

В сплавах МА1 и МА8 основным легирующим элементом является марганец. Термической обработкой эти сплавы не упрочняются, обладают хорошей коррозионной стойкостью и свариваемостью. Сплавы МА2-1 и МА5 относятся к системе Mg-Al-Zn-Mn. Алюминий и цинк повышают прочность сплавов, придают хорошую технологическую пластичность, что позволяет изготавливать из них кованные и штампованные детали сложной формы (крыльчатки и жалюзи капота самолета). Сплавы системы Mg-Zn, дополнительно легированные цирконием (МА14), кадмием, редкоземельными металлами (МА15, МА19 и др.) относят к высокопрочным магниевым сплавам. Их применяют для несвариваемых сильно нагруженных деталей (обшивки самолетов, деталей грузоподъемных машин, автомобилей, ткацких станков и др.).

# Магний и сплавы магния

## Литейные магниевые сплавы.

Наибольшее применение нашли сплавы системы Mg-Al-Zn (МЛ5, МЛ6). Они широко применяются в самолетостроении (корпуса приборов, насосов, коробок передач, фонари и двери кабин и т.д.), ракетной технике (корпуса ракет, обтекатели, топливные и кислородные баки, стабилизаторы), конструкциях автомобилей, особенно гоночных (корпуса, колеса, помпы и др.), в приборостроении (корпуса и детали приборов). Вследствие малой способности к поглощению тепловых нейтронов магниевые сплавы используют в атомной технике, а благодаря высокой демпфирующей способности – при производстве кожухов для электронной аппаратуры.

# Магний и сплавы магния

Более высокими технологическими и механическими свойствами обладают сплавы магния с цинком и цирконием (МЛ 12), а также сплавы, дополнительно легированные кадмием (МЛ8), редкоземельными металлами (МЛ9, МЛ10). Данные сплавы применяют для нагруженных деталей самолетов и авиадвигателей (корпусов компрессоров, картеров, ферм шасси, колонок управления и др.).

Магниевые сплавы подвергаются различным видам термической обработки, например: **T1** – старение, **T2** – отжиг, **T4** – гомогенизация и закалка на воздухе, **T6** – гомогенизация, закалка на воздухе и старение, **T61** – гомогенизация, закалка в воду и старение.

**Цветные металлы и их сплавы нашли и находят широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря своей прочности, легкости, высокой антикоррозийной стойкости.**