

Металлические сплавы

Металлическим сплавом называется материал, полученный сплавлением двух или более металлов или металлов с неметаллами, обладающий металлическими свойствами. Вещества, которые образуют сплав, называются компонентами. Фазой называют однородную часть сплава, характеризующуюся определенными составом и строением и отделенную от других частей сплава поверхностью раздела. Под структурой понимают форму, размер и характер взаимного расположения фаз в металлах и сплавах. Структурными составляющими называют обособленные части сплава, имеющие одинаковое строение с присущими им характерными особенностями.

Виды сплавов по структуре. По характеру взаимодействия компонентов все сплавы подразделяются на три основных типа: механические смеси, химические соединения и твердые растворы.

Механическая смесь двух компонентов А и В образуется, если они не способны к взаимодействию или взаимному растворению. Каждый компонент при этом кристаллизуется в свою кристаллическую решетку. Структура механических смесей неоднородная, состоящая из отдельных зерен компонента А и компонента В. Свойства механических смесей зависят от количественного соотношения компонентов: чем больше в сплаве данного компонента, тем ближе к его свойствам свойства смеси.

Химическое соединение образуется, когда компоненты сплава А и В вступают в химическое взаимодействие. При этом соотношение чисел атомов в соединении соответствует его химической формуле A_mB_n . Химическое соединение имеет свою кристаллическую решетку, которая отличается от кристаллических решеток компонентов. Химические соединения имеют однородную структуру, состоящую из одинаковых по составу и свойствам зерен.

При образовании **твердого раствора** атомы одного компонента входят в кристаллическую решетку другого. Твердые растворы замещения образуются в результате частичного замещения атомов кристаллической решетки одного компонента атомами второго. Твердые растворы внедрения образуются, когда атомы растворенного компонента внедряются в кристаллическую решетку компонента-растворителя. Твердый раствор имеет однородную структуру, одну кристаллическую решетку. В отличие от химического соединения твердый раствор существует не при строго определенном соотношении компонентов, а в интервале концентраций. Обозначают твердые растворы строчными буквами греческого алфавита α , δ , β , τ , и т. д.

Диаграмма состояния. Диаграмма состояния показывает строение сплава в зависимости от соотношения компонентов и от температуры. Она строится экспериментально по кривым охлаждения сплавов (рис. 1). В отличие от чистых металлов сплавы кристаллизуются не при постоянной температуре, а в интервале температур. Поэтому на кривых охлаждения сплавов имеются две критические точки. В верхней критической точке, называемой точкой *ликвидус* (tl), начинается кристаллизация. В нижней критической точке,

которая называется точкой *солидус* (t_c), кристаллизация завершается. Кривая охлаждения механической смеси (рис. 1,а) отличается от кривой охлаждения твердого раствора (рис. 1,б) наличием горизонтального участка. На этом участке происходит кристаллизация эвтектики. Эвтектикой называют механическую смесь двух фаз, одновременно кристаллизовавшихся из жидкого сплава. Эвтектика имеет определенный химический состав и образуется при постоянной температуре.

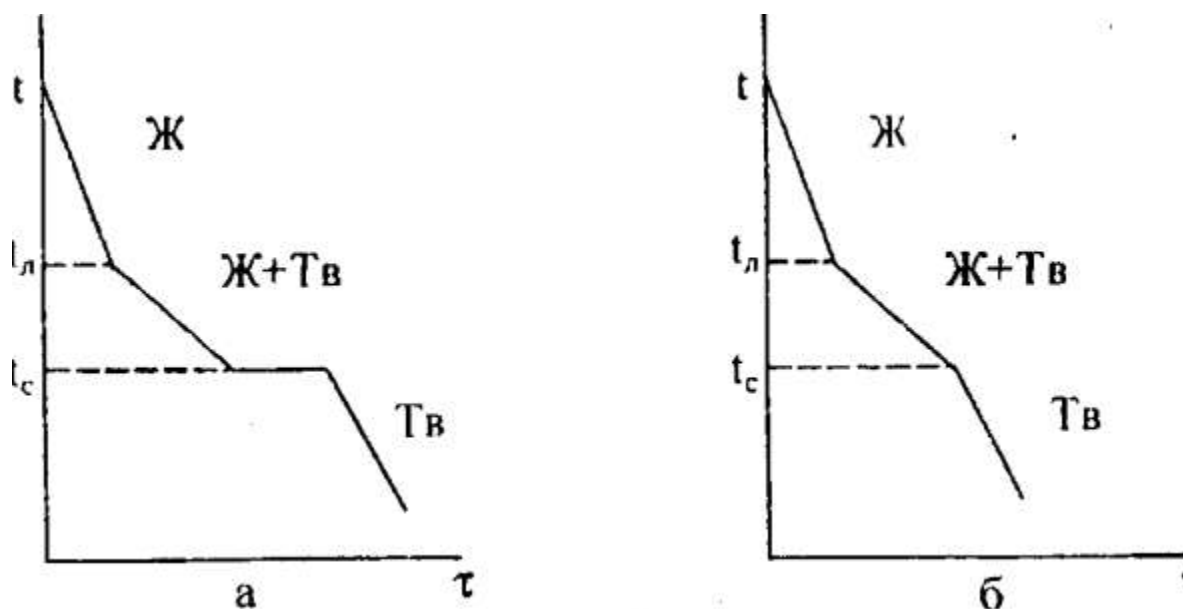


Рис. 1. Кривые охлаждения сплавов: а - механической смеси, б - твердого раствора

Диаграмму состояния строят в координатах температура-концентрация. Линии диаграммы разграничивают области одинаковых фазовых состояний. Вид диаграммы зависит от того, как взаимодействуют между собой компоненты. Для построения диаграммы состояния используют большое количество кривых охлаждения для сплавов различных концентраций. При построении диаграммы критические точки переносятся с кривых охлаждения на диаграмму и соединяются линией. В получившихся на диаграмме областях записывают фазы или структурные составляющие. Линия диаграммы состояния на которой при охлаждении начинается кристаллизация сплава называется *линией ликвидус*, а линия на которой кристаллизация завершается — *линией солидус*. Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси (рис. 2), характеризуется отсутствием растворения компонентов в твердом состоянии. Поэтому в этом сплаве возможно образование трех фаз: жидкого сплава Ж, кристаллов А и кристаллов В. Линия АСВ диаграммы является *линией ликвидус*: на участке АС при охлаждении начинается кристаллизация компонента А, а на участке СD — компонента В. Линия DCB является *линией солидус*, на ней завершается кристаллизация А или В и при постоянной температуре происходит кристаллизация эвтектики Э. Сплавы концентрация которых соответствует точке С диаграммы называются эвтектическими, их структура представляет

собой чистую эвтектику. Сплавы, расположенные на диаграмме левее эвтектического, называются

доэвтектическими, их структура состоит из зерен А и эвтектики. Те сплавы которые на диаграмме расположены правее эвтектического, называются **заэвтектическими**, их структура представляет собой зерна В, окруженные эвтектикой.

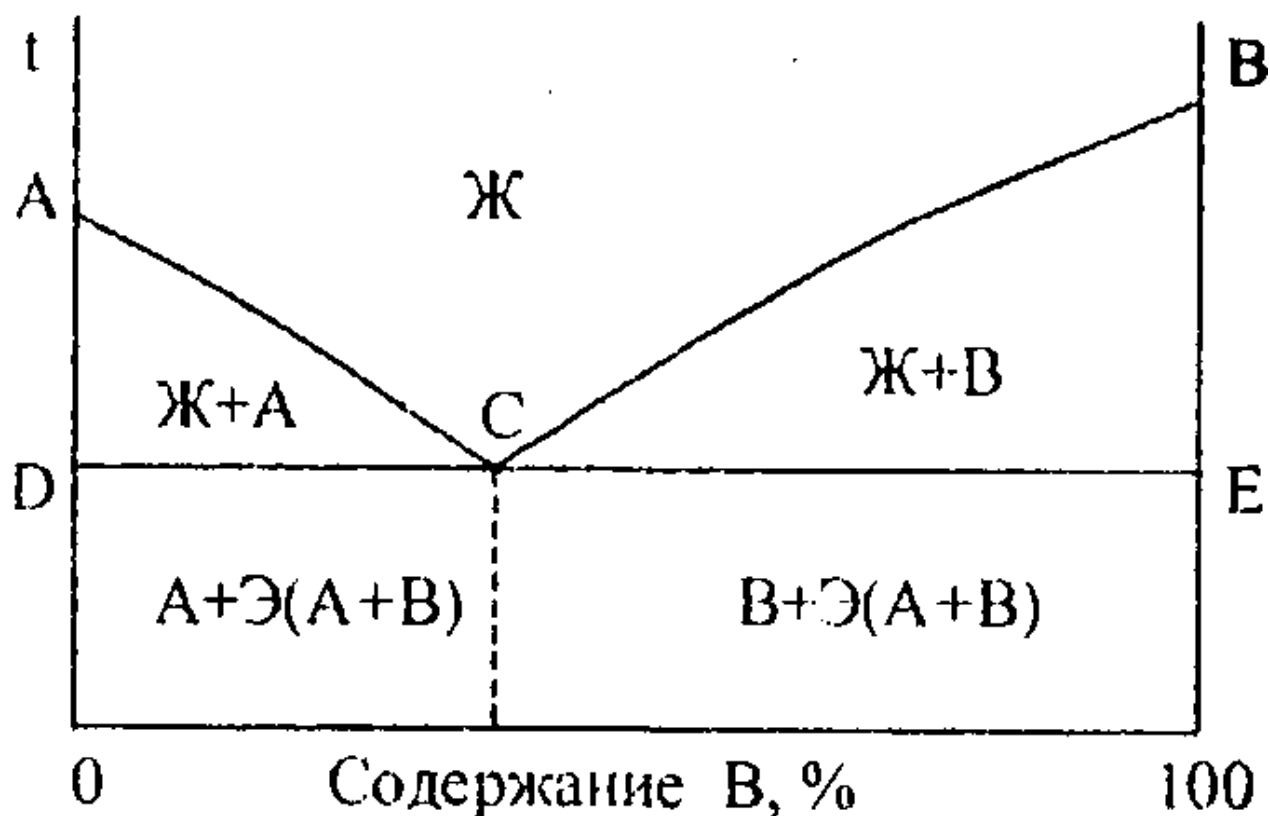


Рис 2. Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси

В расплавах некоторых металлов обнаружены соединения типа металл-металл (интерметаллиды). Состав их не удовлетворяет привычному представлению о валентности: Mg_2Cu , MgNi_2 , Cu_5Zn_8 др. Многие металлы образуют друг с другом несколько металлидов, например AgZn , AgZn_3 , Ag_5Zn_8 . Это металлоподобные вещества с преимущественно металлическим типом связи. Среди интерметаллических соединений открыто большое количество соединений со специфическими, очень ценными свойствами. Например, Ni_3Fe и Ni_3Al обладают жаропрочностью, а Nb_3Sn (при 18,5 K) и V_3Ga (при 16,5 K) – сверхпроводимостью. Эти соединения используются для получения сильных магнитных полей. Магнит такого рода с массой, равной одному килограмму, создает магнитное поле, приблизительно равное полю двадцатитонного магнита с железным сердечником.

Важнейшие сплавы, состав, свойства и применение

Алюминиевые сплавы

Al, Mg, Si, Cu, Zn, Mn, Li, Be

Легкость, высокая электро- и теплопроводность, коррозионная стойкость, высокая удельная прочность

Конструкционные материалы в авиации, строительстве, машиностроении и др.; электротехнические устройства и материалы

Амальгама

Hg и другие металлы

В зависимости от соотношения ртути и др. металла может быть (при комнатной температуре) жидкой, полужидкой или твёрдой

Золочение металлических изделий, производство зеркал, стоматология, реактив-восстановитель в химии и металлургии

Вольфрамовые сплавы

с Mo, Re, Cu, Ni, Ag, оксиды (ThO_2), карбиды (TaC) и др.

Пластичность, жаропрочность и высокая термо-эДС

Детали электровакуумных приборов, высокотемпературных термопар, детали двигателей ракет и самолётов

Железоуглеродистые сплавы (чугун, сталь, ферросплавы)

Fe, C, P, S, Mn, Si, N, Cr, Ni, Mo, W, V, Ti, Co, Cu и др.

Механическая прочность, твердость, упругость, коррозионная устойчивость, вязкость и др.

Конструкционные материалы для всех областей техники, технологии, хозяйства, машины, инструмент

Золотые сплавы

Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Sb, Bi, Pb, Hg

Сплав с Ag при 20—40% Ag зеленовато-жёлтый, при 50% Ag — бледно-жёлтый; мягкий и ковкий; сплавы Au с Cu красновато-жёлтые; более твердые и упругие, чем чистое золото

Золочение металлических изделий, изготовление монет, ювелирных изделий, зубных протезов, электрических контактов

Легкоплавкие сплавы

Sn, Bi, In, Pb, Cd, Zn, Sb, Ga, Hg и др.

Низкие температуры плавления (не выше $232\text{ }^{\circ}\text{C}$); при содержании Bi более 55% расширяются при затвердевании

Изготовление припоев, плавких предохранителей в электроаппаратуре, прессформ и моделей для изготовления отливок сложной формы из металлов и пластмасс, металлические замазки

Магниевые сплавы

Mg, Al, Zn, Mn, Zr, Th, Li, La, Nd, Y, Ag, Cd, Be

Лёгкость, прочность, коррозионная стойкость

Высоконагруженные детали из прессованных полуфабрикатов, штамповок и поковок в автомобилестроении, панели, штамповки сложной формы, сварные конструкции

Медные сплавы

Cu, Zn, Sn, Al, Ni, Be, P

Прочность, высокая электропроводность, коррозионная стойкость, пластичность

Трубы, теплотехническая аппаратура, подшипники, шестерни, втулки, пружины, детали приборов точной механики, термопары, фасонные детали, декоративно-прикладные изделия и скульптура

Никелевые сплавы

Cu, Co, Fe,

Ферромагнетизм, высокая пластичность и коррозионная стойкость, отсутствие аллотропических превращений, химическая стойкость

Конструкционные материалы с высокой стойкостью к агрессивным средам, ферромагнитные изделия, магнитострикционные материалы

Оловянные сплавы

Sn, Pb, Sb, Cu, Zn, Cd и др.

низкая температура плавления, мягкость, коррозионная стойкость; антифрикционные свойства

Легкоплавкие сплавы (припой, полуда) и подшипниковые материалы (баббит)

Платиновые сплавы

Pt, Rh, Ir, Pd, Ru, Ni, Co, Cu, W, Mo

Высокая температура плавления, коррозионная стойкость, механическая прочность, каталитические свойства

изготовление термопар электрических контактов, потенциометров, постоянных магнитов, высокотемпературных припоев, катализаторы, лабораторная посуда

Свинцовые сплавы

Pb, Fe, Cu, Sb, Sn, Cd, Ca, Mg, Li, K, Na

Прочность, твёрдость, антифрикционные свойства, низкая температура плавления свинца, коррозионная стойкость, хорошая адгезия со многими металлами и сплавами

Изготовление или облицовка кислотоупорной аппаратуры и трубопроводов, изготовление оболочек низковольтных и силовых кабелей, припои и полуды, подшипники, типографские сплавы, грузы, балласты, отливка дроби, сердечников пуль, изготовление решёток для свинцовых аккумуляторов

Твёрдые сплавы

WC, TiC, TaC; связующие металлы: Co, Ni, Mo, сталь

Высокая твердость, тугоплавкость, износоустойчивость, коррозионная стойкость

Цельнотвердосплавные изделия (инструмент) для обработки металлов, сплавов и неметаллических материалов, для оснащения рабочих частей буровых инструментов и как конструкционные материалы

Типографские сплавы (гарт)

Pb, Sb, Sn и др.

низкая температура плавления (240—350 °C), хорошие литейные свойства

изготовления литых стереотипов (полиграфическая промышленность) и элементов набора (шрифты др.).

Титановые сплавы

Ti, Al, V, Mo, Mn, Sn, Zr, Cr, Cu, Fe, W, Ni, Si; Nb и Ta

Лёгкость, высокая прочность в широком интервале температур от -250 °С до 300-600 °С, коррозионная стойкость

Конструкционные материалы в авиации, ракетостроении, химическая аппаратура

Цинковые сплавы

Zn, Al, Cu, Mg

Невысокая температура плавления, легкость обработки давлением и резанием, сварки и пайки, возможность нанесения покрытий электрохимическим и химическим способами, удовлетворительная коррозионная стойкость

Конструкционные и конструкционно-декоративные детали в автомобильной промышленности, электромашиностроении, оргтехнике, вкладыши подшипников, бытовые изделия, сувениры.

Сплавы металлов и их классификация

Одним из первых металлов, который человек стал применять для своих нужд, была медь. Но ещё в III тысячелетии люди обнаружили, что медь, сплавленная с оловом, позволяет делать более прочное оружие, долговечную посуду. Материал, полученный при сплавлении меди с оловом, получил название «бронза». Это был первый сплав, изготовленный человеком.

Сплавом называют искусственный материал с металлическими свойствами, состоящий из двух или более компонентов, из которых, по крайней мере, один является металлом.

В зависимости от количества компонентов различают двойные (бинарные), тройные и многокомпонентные сплавы. Сплавы могут иметь однородную структуру (гомогенные сплавы), а также состоять из нескольких фаз (гетерогенные сплавы). В зависимости от своих свойств сплавы подразделяются на легкоплавкие, тугоплавкие, жаропрочные, высокопрочные, твердые, коррозионно-устойчивые. По предполагаемой технологии обработки различают литейные (изделия производят путём литья) и деформируемые (обрабатывают путёмковки, проката, штамповки, прессования) сплавы.

Чёрные металлы и сплавы на их основе

В зависимости от природы металла, составляющего основу сплава, различают чёрные и цветные сплавы. В чёрных сплавах основным металлом является железо. Самыми распространенными из чёрных сплавов являются сталь и чугун. К чёрным металлам относятся железо, а также марганец и хром, которые входят в состав чёрных сплавов.

Чугун

Чугун – сплав на основе железа, содержание углерода в котором превышает точку предельной растворимости углерода в расплаве железа (2,14%). При остывании сплава, углерод кристаллизуется в виде отдельных включений цементита и графита. Углерод придает чугуну твердость, но снижает пластичность сплава, поэтому чугун хрупкий. Чугун применяют для изготовления литых деталей (коленчатых валов, колёс, труб, радиаторов отопления, ванн, решеток ограждения), кухонной посуды (сковородок, чугунков, казанов).

Сталь

В стали содержание углерода значительно меньше. В низкоуглеродистых сталях количество углерода не превышает 0,25%, в высокоуглеродистой стали содержание углерода может достигать 2%. Самые первые стальные изделия появились 4000 лет назад. В настоящее время выплавляют стальные сплавы с различными свойствами. Это конструкционные, нержавеющие, инструментальные, жаропрочные стали.

Легирующие добавки

Для придания стали особых свойств в процессе её изготовления, вводят легирующие добавки. Легирующими добавками называют вещества, которые добавляют в сплав в определенном количестве для изменения механических и физических свойств материала.

Легированные стали

В зависимости от количества легирующих добавок различают низколегированную, среднелегированную и высоколегированную сталь. Марка стали обозначается с помощью букв и цифр. Буква указывает на химическую природу легирующей добавки, а цифра, стоящая после буквы – на примерное содержание этой добавки в сплаве. Если содержание добавки меньше 1%, то цифру не ставят. Цифры впереди букв показывают содержание углерода в сотых долях процента. Например, в стали марки 18ХГТ содержится 0,18 % С, 1 % Cr, 1 % Mn, около 0,1 % Ti.

Стали применяют для изготовления армирующих железнодорожных рельсов, дробильных установок, конструкций, турбин электростанций и двигателей самолётов, инструментов (пилы, сверла, резцы, зубила, фрезы), химической аппаратуры, деталей автомобилей, тракторов, дорожных машин, труб и много другого.

Цветные металлы и сплавы на их основе

К цветным металлам относят алюминий, цинк, медь, никель, олово, свинец и др. Сплавы на основе цветных металлов называют цветными. Это бронза, латунь, силумин, дюралюминий, баббиты и многие другие. В

авиации широкое применение нашли легкие и прочные сплавы на основе алюминия и титана. Изделия из медных сплавов: бронзы и латуни, применяются в химической промышленности, для изготовления запорной аппаратуры: кранов, вентилях. Сплавы на основе олова и свинца используют для изготовления подшипников. Из мельхиора и нейзильбера – сплавов меди и никеля, изготавливают столовые наборы, монеты.

Состав некоторых распространенных сплавов

Название сплава	Состав сплава	Характерные свойства
Чугун	Сплав железа с углеродом (массовая доля - более 2 %), содержащий небольшие количества кремния, марганца, фосфора, серы и др.	По сравнению с чистым железом, он обладает повышенной твердостью и высокой хрупкостью.
Сталь	Сплав железа, в котором массовая доля углерода не превышает 2 %, содержащий также небольшие количества марганца, кремния, серы, фосфора и других примесей. Добавление в сталь вольфрама, ванадия, хрома, никеля и других металлов придает ей ряд очень ценных свойств.	Жаростойкость, устойчивость к коррозии, высокая твердость и др.
Бронза	Сплав меди с некоторыми другими металлами (оловом, алюминием, свинцом, кремнием и др.).	Характеризуется высокой коррозионной стойкостью, прочностью.
Латунь	Сплав на основе меди - 50-60 %, цинка - 40,5-43 с добавками олова, никеля, свинца, марганца, железа.	Обладает высокой пластичностью.
<i>Нихром</i>	Сплав никеля, хрома, железа, марганца.	Обладает высоким электрическим сопротивлением и высокой жаропрочностью.
<i>Дюралюмин</i>	Сплав алюминия с небольшим количеством магния и меди.	Обладает высокой прочностью и малым весом.