

Металлические сплавы

1. Общие сведения
2. Характеристика фаз, образующих сплавы
3. Фазовые и структурные превращения в сплавах

1. Общие сведения

Сплавы - макроскопически однородные системы, полученные из двух или более сортов атомов (молекул) металлов, неметаллов, оксидов, органических веществ и др.

Химические элементы, образующие сплав, называют **компонентами**.



Металлические сплавы - макроскопически однородные системы, состоящие из двух или более сортов атомов металлов (реже неметаллов), в которых доминирующими являются атомы металла и которые обладают металлическими свойствами.

Свойства металлических сплавов могут быть изменены:

легированием

механической

термической

термомеханической

радиационной

и др. видами
обработки

2. Характеристика фаз, образующих сплавы

Компоненты сплава могут образовывать следующие фазы:

- *жидкие растворы,*
- *Твердые растворы,*
- *Химические соединения.*

1. Металлические жидкие растворы (расплавы)

- жидкое состояние металлов и их сплавов, которое по большинству характеристик ближе к твердому состоянию. Так металлические жидкие растворы не являются гомогенной системой.

Большинство металлов неограниченно растворяются друг в друге. Однако некоторые металлы, например, медь со свинцом, почти полностью нерастворимы в жидком состоянии и разделяются по плотности, образуя два несмешивающихся жидких слоя.

Твердые растворы - однородные твердые вещества, состоящие из нескольких компонентов, концентрации которых могут быть изменены без нарушения однородности.

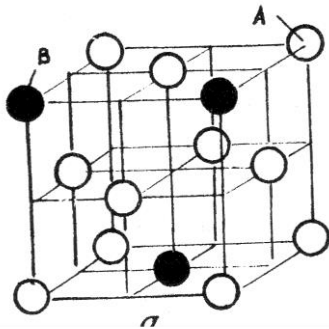
Твердые растворы бывают **кристаллическими** и **аморфными**.

Металлическими твердыми растворами - сплавы, однофазные в твердом состоянии, в которых один из компонентов (растворитель) сохраняет свою кристаллическую решетку, а атомы другого (или других) компонента располагаются в решетке этого компонента, изменяя ее размеры (периоды решетки).

2. Металлические твердые растворы

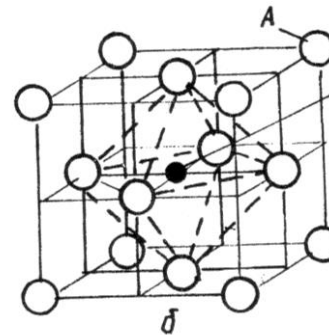
образуются в результате проникновения в кристаллическую решетку основного металла атомов другого металла или неметалла.

твердые растворы
замещения



C, H, N, B и др.
1-2%

твердые растворы
внедрения



размеры должны
отличаться $\leq 15\%$, Fe и Cr,
Cu и Ni, Ti и V и др.

Вероятность образования твердых растворов замещения или внедрения определяется размерами атомов основного металла и примеси.

Так как атомы основного металла и растворенного компонента различны, то при образовании металлического твердого раствора кр.решетка всегда искажается, и периоды ее изменяются.

При образовании раствора внедрения период решетки растворителя всегда возрастает, а при образовании твердого раствора замещения - может увеличиваться (\uparrow) или уменьшаться (\downarrow) в зависимости от компонентов.

Большинство металлов взаимно растворяются друг в друге в твердом состоянии (в Al может растворяться до 5,5% Cu, а в Cu - 39% Zn).

Если компоненты могут замещать друг друга в любых количественных соотношениях, то они образуют непрерывный ряд твердых растворов, имеющих одну и ту же кристаллическую решетку.

3. Химическое соединение

- химически индивидуальное вещество, в котором атомы одного (например, N_2 и O_2) или различных ($CuZn$, Mo_2C) элементов соединены между собой тем или иным видом химической связи.

Известно свыше 3 млн. химических соединений.

Характерные особенности:

- Кр. решетка хим. соединения отличается от решеток компонентов, образующих это соединение;
- в соединении всегда сохраняется простое кратное соотношение компонентов по формуле A_nB_m , где А и В - соответствующие элементы, а n и m - простые числа;
- свойства соединения резко отличаются от свойств образующих его компонентов;
- $T_{пл.}$ постоянна;
- образование хим. соединения всегда сопровождается тепловым эффектом.

Хим.соединения в сплавах, **отличаются** по некоторым особенностям **от типичных хим.соединений** тем, что не подчиняются законам валентности и не имеют постоянного состава, а **от упорядоченных твердых растворов** тем, что сохраняют свою кр.решетку до $T_{пл}$.

Химические соединения в сплавах по электронному строению и свойствам разделяют на классы: электронные соединения, интерметаллиды, фазы внедрения

Электронные соединения

чаще всего образуются между одновалентными (Cu, Ag, Li, Na и др.) Me или Me переходных групп (Fe, Mn, Co и др.) и простыми Me с валентностью от 2 до 5 (Be, Mg, Zn, Al и др.).

Эти соединения образуют с компонентами тв.р-ры в широком интервале концентраций.

Интерметаллиды

(интерметаллические соединения) – хим.соединения Me с Me и неMe (нитриды, карбиды, гидриды и др.), обладающие металлической связью. Они образуют переходные металлы (Fe, Mn, Cr, Mo и др.) с C, N, B и H, то есть с элементами, имеющими малый атомный радиус.

Фазы внедрения

Фазы внедрения имеют хим.формулы: M_4X (Fe_4N , Mn_4N и др.), M_2X (W_2C , Mo_2C , Fe_2N и др.) и MX (WC , VC , TiC , VN и др.). Это соединения типа карбидов, нитридов, боридов и гидридов.

В фазах внедрения преобладает Me связь ($\rightarrow \uparrow$ электропроводность, положительный коэф. электросопротивления...) Они чрезвычайно тугоплавки и имеют твердость, близкую к твердости алмаза (например, карбиды и нитриды).

3. Фазовые и структурные превращения в сплавах

Сплав - вещество, полученное сплавлением двух или более элементов.

Компоненты - элементы или химические соединения, образующие сплав: металлы и неметаллы; в зависимости от числа компонентов сплавы могут быть двойные, тройные и т. д.

Фаза - однородная часть сплава, характеризующаяся определенным составом, свойствами, типом кр.решетки и отделенная от других частей сплава поверхностью раздела.

Структура - форма, размеры и характер взаимного расположения фаз в сплаве.

Характер фазовых и структурных превращений в сплавах при $\Delta T^\circ\text{C}$ можно проследить с помощью анализа микроструктуры, т.к. между микроструктурой сплавов и их свойствами существует четкая связь.

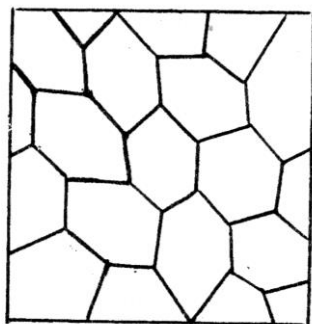
При кристаллизации выделяющиеся из жидкого раствора центры кристаллизации имеют переменный состав, зависящий от $T^\circ\text{C}$. Возникает неоднородность хим.состава — **ликвация**. При этом ликвация внутри отдельных кристаллитов называют **внутрикристаллитной, или дендритной ликвацией**.

При охлаждении с бесконечно малыми скоростями (при охлаждении вместе с выключенной печью) в сплавах достигают равновесного состояния, т.к. при этих условиях процессы диффузии в жидких и твердых фазах успевают за кристаллизацией и состав кристаллитов выравнивается. Тогда при любой произвольно $T^\circ\text{C}$ содержание компонентов будет вполне определенным, а каждая фаза сплава - гомогенна.

В тв. состоянии металлы и металлические сплавы чаще представляют собой *поликристаллическое вещество*, состоящее из большого числа мелких ($10^{-1} \dots 10^{-5}$ см), различно ориентированных по отношению друг к другу кристаллитов (зерен), размеры, форма и взаимное расположение которых формируются при охлаждении в процессе кристаллизации.

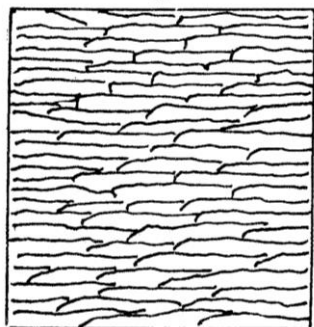
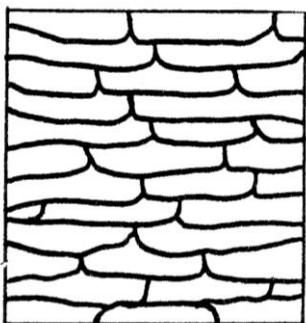
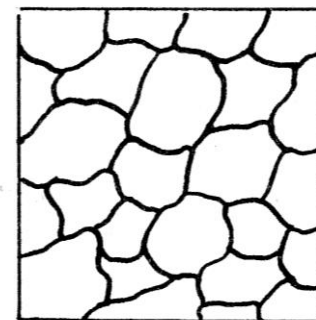
Каждый кристаллит чаще всего не имеет правильной огранки. Микроструктура такого поликристаллического вещества может быть однофазной или многофазной.

Однофазная микроструктура формируется в сплавах при полной взаимной растворимости компонентов или когда количество растворимого компонента не превышает его предельной растворимости. Микроструктура таких сплавов представляет собой зерна твердого раствора.



Полиэдрическую форму (правильный многогранник - полиэдра, грани которого относительно плоские) зерна сплавов приобретают после кристаллизации с малой степенью переохлаждения, горячего деформирования или отжига. Полиэдрическая форма зерен типична для всех чистых металлов.

Равноосные зерна образуются при кристаллизации со значительной степенью переохлаждения, вытянутые - при холодной пластической деформации, при кристаллизации с направленным теплоотводом.

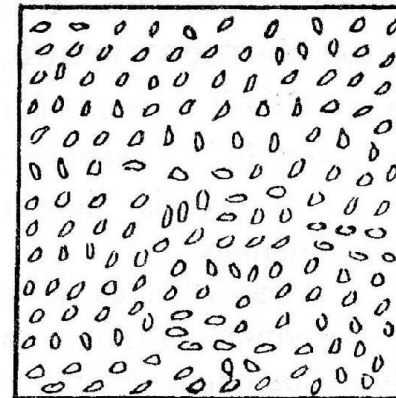
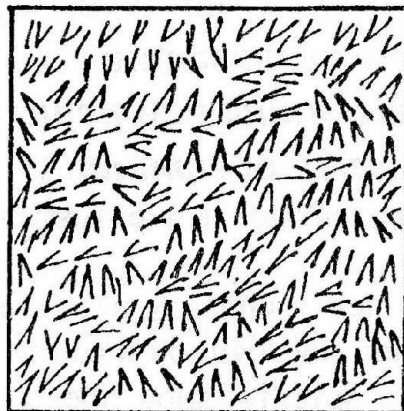
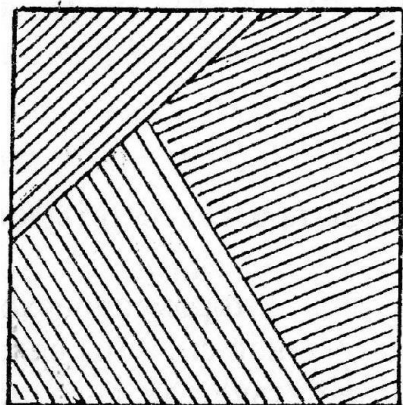


Пластинчатая форма зерен образуется в металлах и сплавах с полиморфным превращением при определенных условиях охлаждения и обеспечивает небольшое повышение прочности металла.

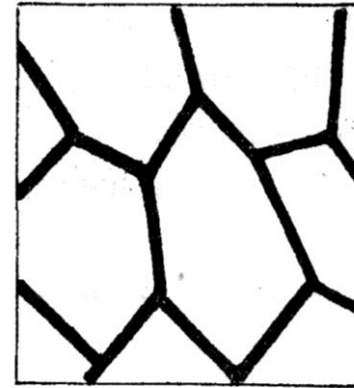
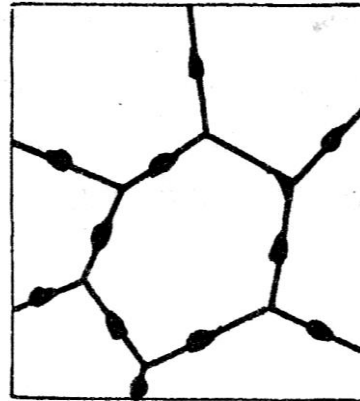
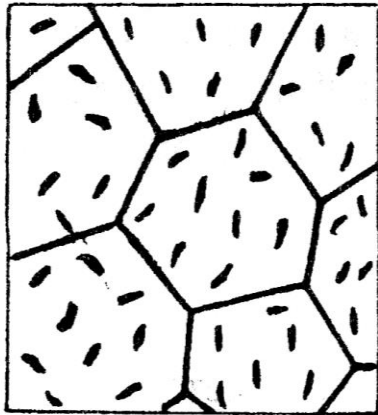
Возможны случаи одновременной кристаллизации из жидкости двух или более фаз.

Если имеет место контакт фаз с жидким расплавом, то образуется смесь с *пластинчатой формой кристаллов*.

Если одна из фаз растет быстро, а другая изолируется от основного ж. раствора, то смесь состоит из матричного кристалла, внутри которого распределены включения другой фазы. Кристаллы этой фазы имеют *игольчатую* или *сферическую форму*.



Вторичная фаза может иметь разный вид:



Схемы микроструктур двухфазных сплавов с выделениями вторичной фазы:

а — внутризеренные выделения, б — выделения по границам зерен; в — сетка по границам зерен

Формы выделений и свойства избыточной фазы в значительной степени влияют на свойства всего сплава.