

Материаловедение и технология материалов

Тема № 1 «Введение»

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ:

I. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Учебные вопросы:

1. Современные материалы в промышленности, технике и аппаратах, их причастность пожарам, авариям и катастрофам
1. Строение металлов

III. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основные задачи предмета заключаются в изучении:

- структуры материалов, ее формирования при кристаллизации, диффузионных процессов в металлах, аллотропических превращений под действием температуры; строения металлических сплавов, структурных составляющих железоуглеродистых сплавов и диаграммы состояния железо-углерод;
- технологических основ производства чугунов и сталей, их классификации, маркировки и области применения;
- классификации и сущности способов получения и соединения заготовок, основ термической и химико-термической обработки деталей;
- основ производства деталей методом порошковой металлургии и деталей из полимерных материалов;

Структура предмета обосновывается его задачами и включает изучение двух разделов:

- I. Материаловедение.
- II. Технология материалов.

1. Конструкционные металлы и сплавы – основа современной техники

Все материалы по своей применимости делятся на три группы:

- **конструкционные;**
- **вспомогательные;**
- **эксплуатационные.**

Каждая из названных групп включает различные виды материалов.

Конструкционные материалы предназначены для изготовления деталей машин, конструкций и сооружений. Среди конструкционных материалов главными являются металлы.

Они условно подразделяются на два вида:

- ✓ **черные металлы и их сплавы;**
- ✓ **цветные металлы и их сплавы.**

Из **черных металлов** наибольшее распространение получило железо и его сплавы с углеродом – называемые **сталями и чугунами**.

Из **цветных металлов** в качестве конструкционных наибольшее применение нашли такие материалы как: **алюминий, медь, цинк и др.**

К вспомогательным материалам относятся следующие виды материалов:

пластмассы, резина, различные композиционные материалы, древесина, силикатные материалы и т.д.

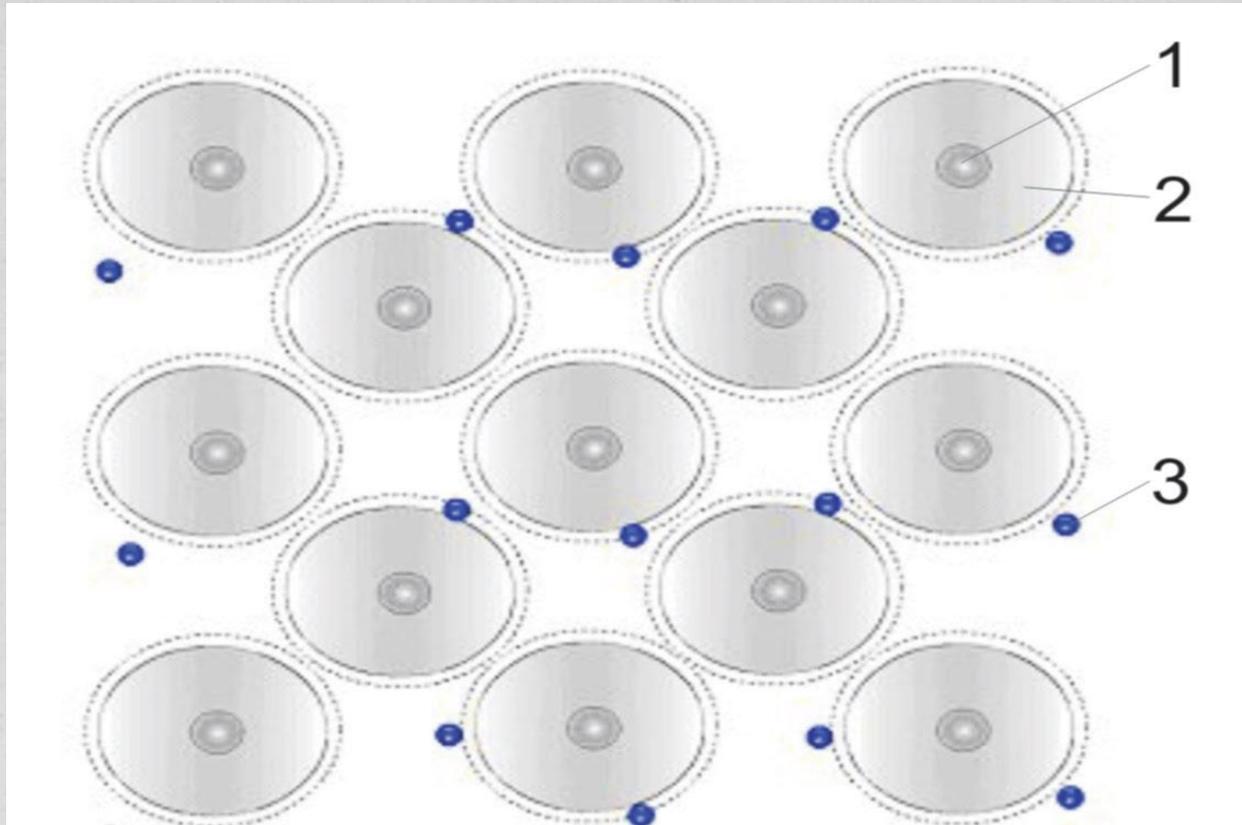
Из группы эксплуатационных материалов можно отметить различные горючесмазочные и лакокрасочные, тормозные и охлаждающие жидкости.

Металлами называются вещества, обладающие высокой электропроводностью, теплопроводностью, пластичностью и своеобразным металлическим блеском. Данные свойства обусловлены особенностями строения металлов.

Согласно теории металлического состояния, металл представляет собой вещество, состоящее из положительных ядер, вокруг которых по орбиталям вращаются электроны. На последнем уровне число электронов невелико и они слабо связаны с ядром. Эти электроны имеют возможность перемещаться по всему объему металла, т.е. принадлежать целой совокупности атомов. Таким образом, пластичность, теплопроводность и электропроводность обеспечиваются наличием «электронного газа»

Из всех **металлов и сплавов** наиболее важную роль играют **черные металлы**, а именно железо и его сплавы – стали и чугуны. Из других наиболее интенсивно развивается производство алюминия и его сплавов. Основой широкого применения металлов, как основного конструкционного материала, являются их высокие механические свойства.

Металлический тип СВЯЗИ



- 1 – атомное ядро;
- 2 – атомный остов;
- 3 – обобщенные электроны

2. Строение металлов

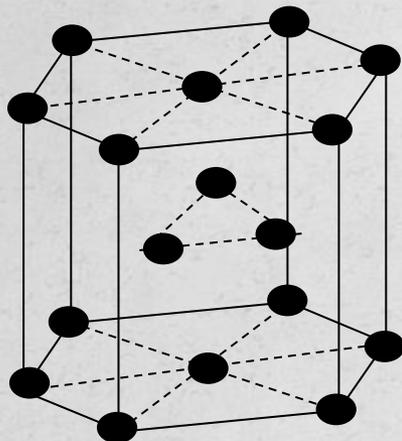
Общим для всех металлов и сплавов является кристаллическое строение, что хорошо наблюдается на изломах деталей. Оно характерно тем, что атомы металлов и сплавов образуют пространственно - кристаллическую решётку, состоящую из элементарных кристаллических ячеек (объёмов металла), расположенных строго упорядоченно по всем осям координат.

Типы элементарных кристаллических ячеек у разных металлов различны. Неодинаков и порядок расположения атомов в решётках.

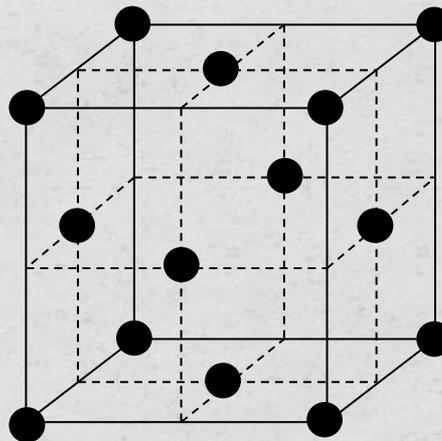
- Многие важнейшие металлы образуют кристаллическую решётку с элементарными ячейками в виде куба с ядром в центре, то есть решётку **объемно-центрированного куба** (хром, вольфрам, молибден, ванадий и др.);
- Другие металлы, как, например медь, никель, алюминий, свинец и др., образуют решётку с элементарной ячейкой также в виде куба, но с атомами, расположенными не только в узлах куба, но и в середине каждой грани, то есть **ячейки с гранецентрированным кубом**;
- Третьи металлы, например магний, титан, цинк и др. образуют решётку из пространственной призмы, то есть **гексагональную плотноупакованную**.

- Атомы в ячейках распложены взаимно упорядоченно. Силы притяжения и отталкивания в ячейке уравниваются. Тело сохраняет свою форму, объём и обладает большим сопротивлением сдвигу.
- Расстояние между соседними атомами в элементарной ячейке определяют размеры этой ячейки, которые измеряются в **ангстремах**, обозначаются буквой **Å**, $1\text{Å} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ см}$

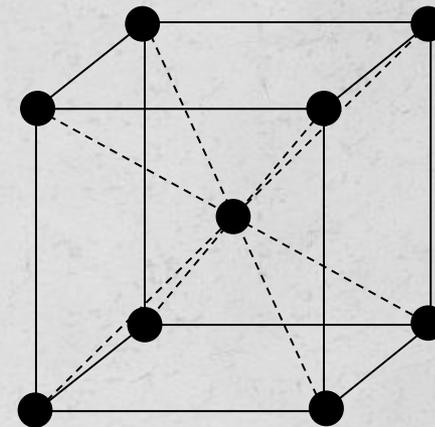
Атомно-кристаллическое строение металлов



а



б



в

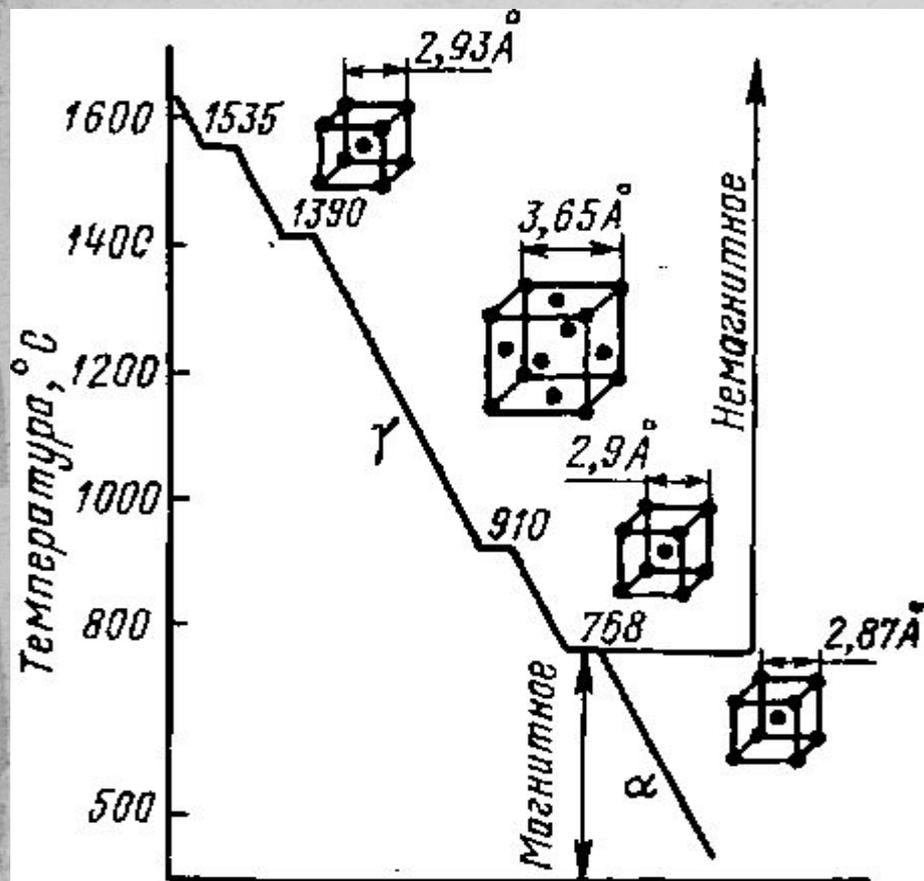
а – гексагональная плотноупакованная; **б** – кубическая гранецентрированная;
в – кубическая объемно-центрированная

В кристаллических материалах расстояние между атомами в разных кристаллографических направлениях различны. Из-за неодинаковой плотности атомов, в разных направлениях кристалла наблюдаются разные свойства.

Различие свойств в кристалле в зависимости от направления испытания называется **анизотропией**.

Разница в физико-химических и механических свойствах кристаллов в разных направлениях может быть весьма существенной. **Анизотропия** характерна для одиночного кристалла. Для большинства технических металлов, затвердевших в обычных условиях, имеется поликристаллическое строение, ориентированное в различных направлениях. Поэтому такое тело характеризуется **квазианизотропией**, то есть кажущейся независимостью свойств от направления испытания.

При обработке давлением большинство зёрен металла приобретает примерно одинаковую ориентировку, и металл становится анизотропным. Это может приводить к деформации изделия (расслоению, волнистости) Это, соответственно должно учитываться при конструировании и разработке технологии получения детали.



Некоторые металлы изменяют своё кристаллическое строение, то есть тип кристаллической решётки, в зависимости от изменения внешних условий – температуры и давления.

Процесс перегруппировки атомов и переход одного вида кристаллической решётки в другую называется **аллотропическим превращением**.

Модификация одного и того же металла, но с разной кристаллической решёткой обозначается начальными буквами греческого алфавита **α , β , γ , δ**

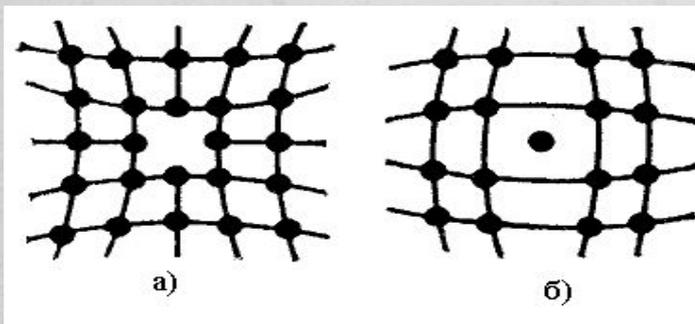
Так, у железа существует все 4 аллотропических превращения, происходящих при разных температурах и обозначаемых **Fe_{α} , Fe_{β} , Fe_{γ} и Fe_{δ}** (рис); аналогичные модификации имеет марганец. Аллотропией обладают около 30 металлов

3. Диффузионные процессы в металле, формирование структуры металлов и сплавов при кристаллизации

Рассмотренные выше кристаллические решетки являются идеальными. Однако в реальных условиях в металлах в их твёрдом состоянии имеют место диффузионные процессы, то есть перемещение атомов из своих нормальных положений. Скорость диффузии мала, но увеличивается с повышением температуры. При определенной температуре, когда амплитуда колебаний атомов сильно увеличивается, возможен срыв атома со своего места и переход его на другое, освобожденное другим атомом.

Колебания и диффузия атомов обуславливают наличие большого количества **дефектов строения**, нарушающих периодичность расположения атомов в кристаллической решётке, и оказывающих существенное влияние на свойства материала.

Различают **три типа дефектов** кристаллического строения: **точечные**, **линейные** и **поверхностные**



точечные дефекты: **а** – вакансии;
б – дислокации.

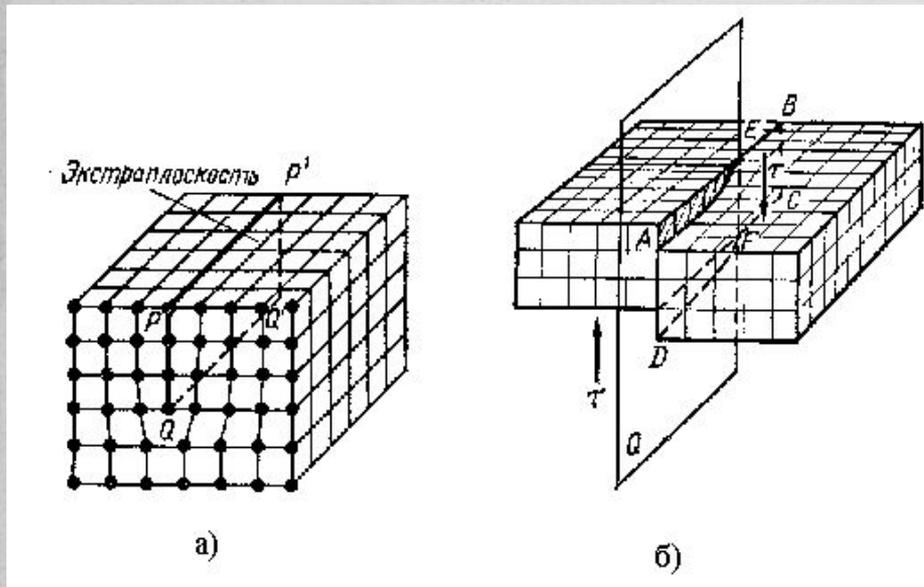
Точечные дефекты – дефекты, размеры которых во всех трех измерениях не превышают одного или нескольких межатомных расстояний.

К точечным дефектам относятся **вакансии** - наличие свободных мест (отсутствие атомов) в узлах кристаллической решетки;

дислокации - наличие атомов основного вещества, перемещенных из узла в позицию между узлами;

чужеродные атомы внедрения;
чужеродные атомы замещения.

Линейные несовершенства имеют малые размеры в двух измерениях и большую протяженность в третьем измерении. Этими несовершенствами могут быть ряд вакансий или ряд межузельных атомов. Особыми и важнейшими видами линейных несовершенств являются **дислокации** – **краевые** и **винтовые**



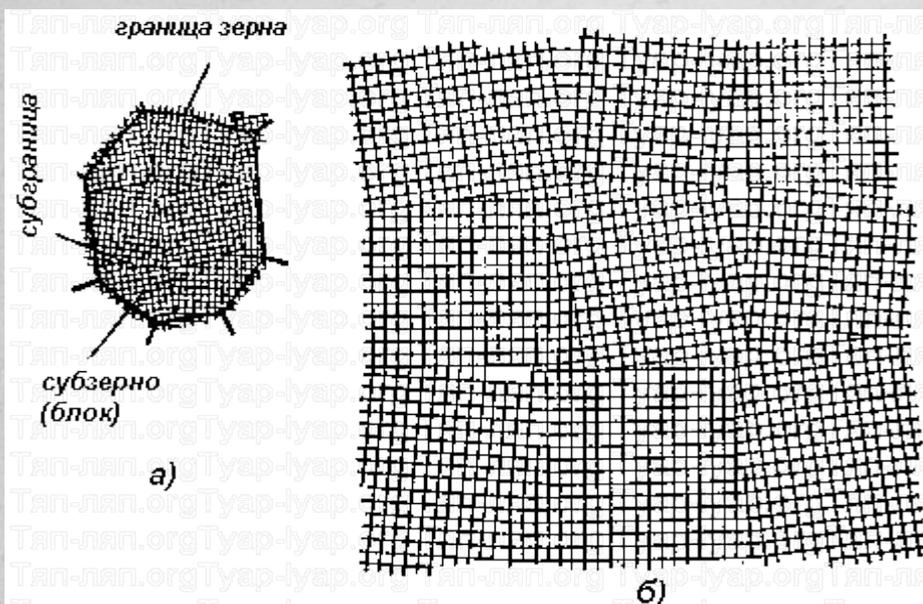
линейные дефекты: **а** – краевые дислокации; **б** – винтовая дислокация

Краевая дислокация представляет собой линию QQ' , вдоль которой обрывается внутри кристалла край “лишней” полуплоскости или экстраплоскости $PP'QQ'$

Винтовая дислокация – это прямая линия EF , вокруг которой атомные плоскости изогнуты по винтовой поверхности. Обойдя верхнюю атомную плоскость по часовой стрелке, приходим к краю второй атомной плоскости и т. д. В этом случае кристалл можно представить как состоящий из одной атомной плоскости, закрученной в виде винтовой поверхности.

Винтовая дислокация так же, как и краевая, образована неполным сдвигом кристалла по плоскости Q . В отличие от краевой дислокации винтовая дислокация параллельна вектору сдвига.

Поверхностные дефекты имеют малую толщину и значительные размеры в двух других измерениях. Обычно это места стыка двух ориентированных участков кристаллической решетки. Ими могут быть границы зерен, границы фрагментов внутри зерна, границы блоков внутри фрагментов. Соседние зерна по своему кристаллическому строению имеют неодинаковую пространственную ориентировку решеток.

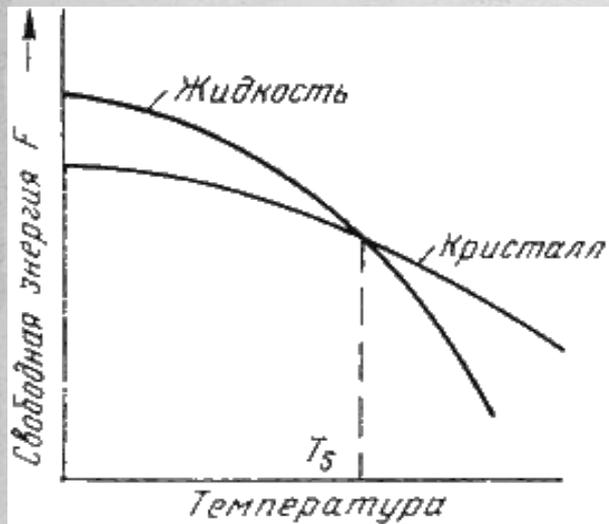


Блоки повернуты друг по отношению к другу на угол от нескольких секунд до нескольких минут, их размер 10–5 см. Фрагменты имеют угол разориентировки не более 5° .

Если угловая разориентировка решеток соседних зерен меньше 5° , то такие границы называются малоугловыми границами.

Граница между зёрнами представляет собой узкую переходную зону шириной 5–10 атомных расстояний с нарушенным порядком расположения атомов. В граничной зоне кристаллическая решетка одного зерна переходит в решетку другого.

Любое вещество может находиться в *трех агрегатных состояниях: твердом, жидком, газообразном*. Возможен переход из одного состояния в другое, если новое состояние в новых условиях является более устойчивым, обладает меньшим запасом энергии. С изменением внешних условий свободная энергия изменяется по сложному закону различно для жидкого и кристаллического состояний.



изменение свободной энергии жидкого и твердого состояний в зависимости от температуры

В соответствии с этой схемой выше температуры T_s вещество должно находиться в жидком состоянии, а ниже T_s — в твердом.

Кристаллизация — это процесс образования участков кристаллической решетки в жидкой фазе и рост кристаллов из образовавшихся центров.

При температуре равной T_s жидкая и твердая фаза обладают одинаковой энергией, металл в обоих состояниях находится в равновесии, поэтому две фазы могут существовать одновременно бесконечно долго.

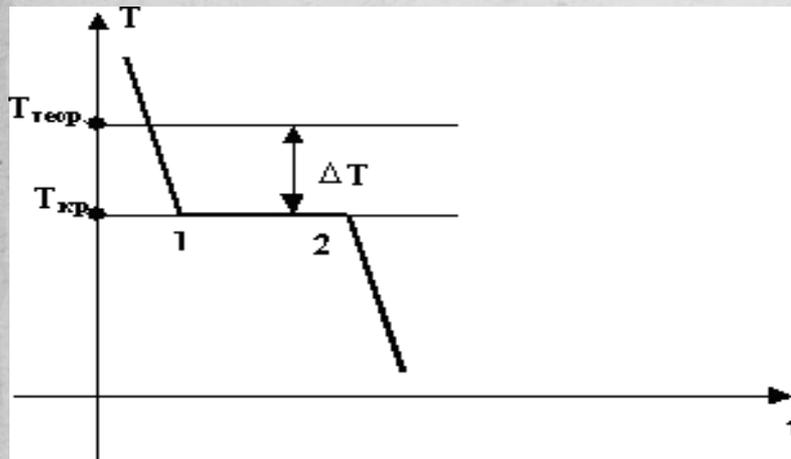
Температура T_s — *равновесная* или *теоретическая температура кристаллизации*.

Температура, при которой практически начинается кристаллизация называется *фактической температурой кристаллизации* $T_{кр}$. Разность между теоретической и фактической температурой кристаллизации называется *степенью переохлаждения*: $\Delta T = T_s - T_{кр}$. Чем больше степень переохлаждения, тем интенсивнее будет идти кристаллизация. Степень переохлаждения зависит от природы металла, от степени его загрязненности, от скорости охлаждения.

Переход металла из жидкого состояния в твердое

При нагреве всех кристаллических тел, в том числе и металлов, всегда наблюдается четкая граница перехода из твердого состояния в жидкое и обратно.

Процесс перехода металла из жидкого состояния в кристаллическое можно изобразить кривыми в координатах время – температура.



Кривая охлаждения чистого металла

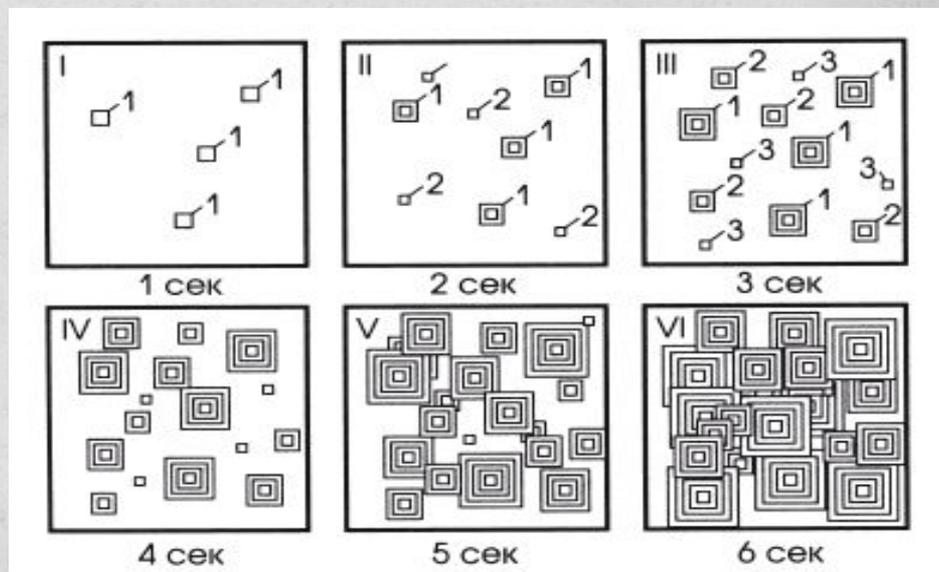
До точки **1** охлаждается металл в жидком состоянии, процесс сопровождается плавным понижением температуры. На участке **1–2** идет процесс кристаллизации, сопровождающийся выделением тепла, которое называется **скрытой теплотой кристаллизации**. Оно компенсирует рассеивание теплоты в пространство, и поэтому температура остается постоянной. После окончания кристаллизации в точке **2** температура снова начинает снижаться, металл охлаждается в твердом состоянии.

- Процесс кристаллизации состоит из **двух** элементарных процессов: **зарождения центров кристаллизации** и **роста кристаллов** из этих центров.
- Размер зерна металла сильно влияет на его механические свойства. Эти свойства, особенно вязкость и пластичность, выше, если металл имеет мелкое зерно.

Каждый кристалл металла ориентирован в пространстве произвольно. Форма кристаллов - произвольная. Форма **первичных кристаллов** напоминает форму дерева, поэтому их называют **дендритами**. Такая форма кристаллов объясняется тем, что зародыши растут в направлении с минимальным расстоянием между атомами, то есть образуется главная ось, а затем начинают расти оси второго порядка и т.д. Последние порции жидкого металла заполняют **межосные пространства**. Правильная форма дендрита искажается в результате их соприкосновения в процессе роста.

С учетом этого в слитке наблюдается: по границам зерен- мелкозернистая структура, а в центре слитка – зона крупных неориентированных кристаллов. Может образовываться даже **рыхлость, усадочные раковины**.

Это **вторичные дефекты** (по сравнению с первичными в кристаллической решетке. Вторичные дефекты структуры (раковины, рыхлости) устраняются термообработкой. **Первичные дефекты** (в решетке) не устраняются.



Кинетика процесса кристаллизации

Литература

Основная:

1. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие / Под ред. В.С. Артамонова – СПбУ ГПС МЧС России, 2011. – 312 с
2. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учебное пособие для вузов. Под ред. Чередниченко В. С. – 4-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2008. – 752 с.
3. Материаловедение и технология материалов : курс лекций . Под ред. Артамонова В.С.; МЧС России. – СПб. : СПбУ ГПС МЧС России, 2008. – 112 с.

Дополнительная:

1. Материаловедение и технология металлов . Под ред. Фетисова Г.П. Учебник. – М. : Высш. шк., 2001. – 637 с.
2. Жадан В.Т., Полухин П.И., Нестеров А.Ф. и др. Материаловедение и технология материалов. – М.: Металлургия, 1994. – 622 с.
3. Материаловедение и технология материалов. Под ред. Солнцева Ю.П. – М.: Металлургия, 1988. – 512 с.