

ОП.03 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ФГОС по специальности среднего профессионального образования

23.01.17. Мастер по ремонту и обслуживанию автомобиля

ПЛАН УРОКА

Тема: Кристаллизация металлов и сплавов. Кривая охлаждения «Fe»

Цель: изучить механизм и закономерности кристаллизации; рассмотреть строение металлического слитка, научиться строить кривые охлаждения.

развивающая – развитие навыков различать сплавы и металлы, выделять их основные свойства.

Материально-техническое оснащение:

1. Учебные пособия;
2. Образцы металлов и сплавов.
3. Макеты, видео-проектор.

Время проведения: 90 минут.

ХОД УРОКА

1. Проверка домашнего задания. 5 мин.
2. Актуализация знаний. 5 мин.
- 2.Объяснить студентам тему и цели урока. 3- 5 мин.
- 3.Объяснение учебного материала 25 — 30 мин.
- 4.Показ видеоматериала урока 15 - 20 мин.
- 5.Обсуждение учебного материала, опрос учащихся. 15 мин.
- 6.Подведение итогов урока. 3 — 5 мин.
7. Домашнее задание. 5 мин.

Основные понятия:

- Фактическая температура кристаллизации
- Кристаллизация
- Аллотропия

План лекции:

1. Кристаллизация металлов и сплавов.
2. Механизм и закономерности кристаллизации металлов.
3. Условия получения мелкозернистой структуры.
4. Строение металлического слитка.
5. Кривая охлаждения железа.

6. Вывод.

1. Кристаллизация металлов и сплавов

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. Характер изменения свободной энергии жидкого и твердого состояний с изменением температуры показан на рис. 1.

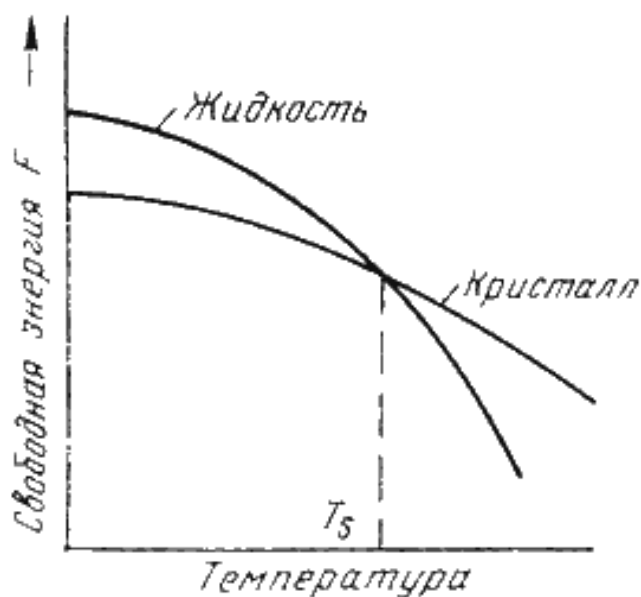


Рис.1. Изменение свободной энергии в зависимости от температуры

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

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.

Для начала процесса кристаллизации необходимо, чтобы процесс был термодинамически выгоден системе и сопровождался уменьшением свободной энергии системы. Это возможно при охлаждении жидкости ниже температуры T_s . Температура, при которой практически начинается кристаллизация называется **реальная температура кристаллизации**.

Охлаждение жидкости ниже равновесной температуры кристаллизации называется переохлаждением, которое характеризуется степенью переохлаждения:

Степень переохлаждения зависит от природы металла, от степени его загрязненности (чем чище металл, тем больше степень переохлаждения), от скорости охлаждения (чем выше скорость охлаждения, тем больше степень переохлаждения).

Рассмотрим переход металла из жидкого состояния в твердое.

При нагреве всех кристаллических тел наблюдается четкая граница перехода из твердого состояния в жидкое. Такая же граница существует при переходе из жидкого состояния в твердое.

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

Кристаллизация протекает в условиях, когда система переходит к термодинамически более устойчивому состоянию с минимумом свободной энергии.

Процесс перехода металла из жидкого состояния в кристаллическое можно изобразить кривыми в координатах время – температура. Кривая охлаждения чистого металла представлена на рис. 2.

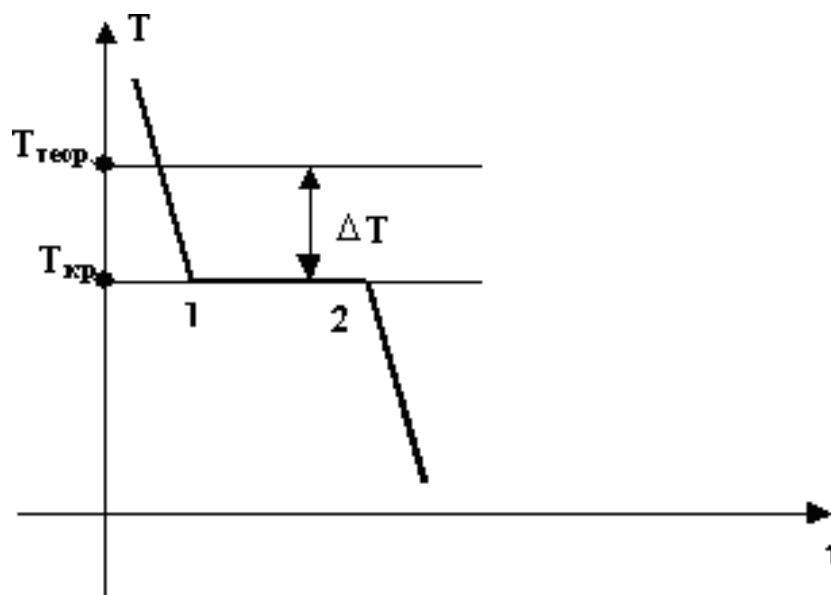


Рис.2. Кривая охлаждения чистого металла

$T_{теор.}$ – теоретическая температура кристаллизации;

$T_{кр}$ – фактическая температура кристаллизации.

Процесс кристаллизации 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.

2. Механизм и закономерности кристаллизации металлов.

При соответствующем понижении температуры в жидком металле начинают образовываться кристаллики – центры кристаллизации или зародыши. Для начала их роста необходимо уменьшение свободной энергии металла, в противном случае зародыш растворяется.

Минимальный размер способного к росту зародыша называется **критическим размером**, а зародыш – **устойчивым**.

Переход из жидкого состояния в кристаллическое требует затраты энергии на образование поверхности раздела жидкость – кристалл. Процесс кристаллизации будет осуществляться, когда выигрыш от перехода в твердое состояние больше потери энергии на образование поверхности раздела. Зависимость энергии системы от размера зародыша твердой фазы представлена на рис. 3.

Зародыши с размерами равными и большими критического растут с уменьшением энергии и поэтому способны к существованию.

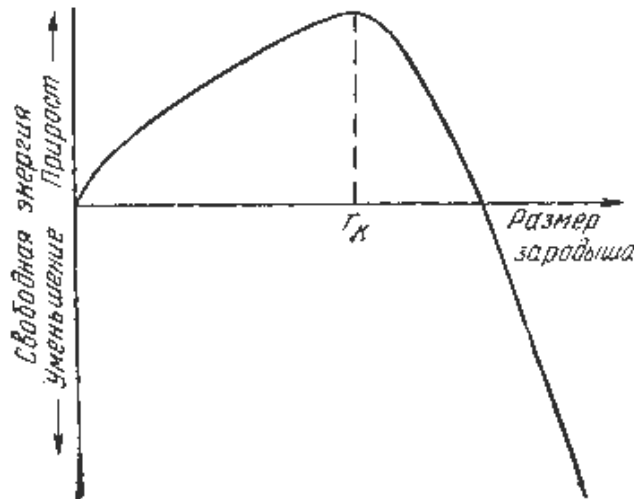


Рис.3. Зависимость энергии системы от размера зародыша твердой фазы

Механизм кристаллизации представлен на рис.4.

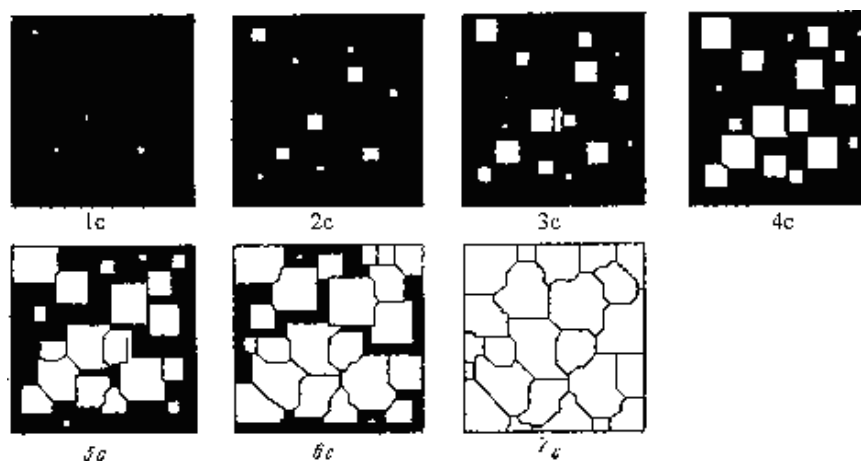


Рис.4. Модель процесса кристаллизации

Центры кристаллизации образуются в исходной фазе независимо друг от друга в случайных местах. Сначала кристаллы имеют правильную форму, но по мере столкновения и срастания с другими кристаллами форма нарушается. Рост продолжается в направлениях, где есть свободный доступ питающей среды. После окончания кристаллизации имеем поликристаллическое тело.

Качественная схема процесса кристаллизации может быть представлена количественно кинетической кривой (рис.5).

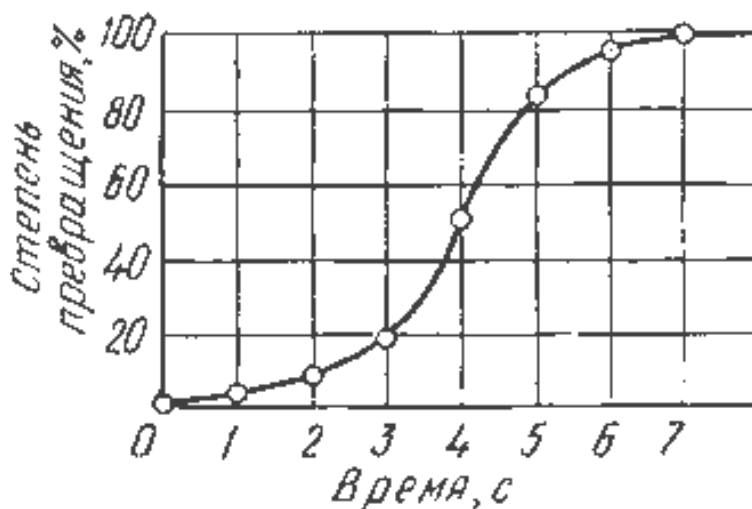


Рис.5. Кинетическая кривая процесса кристаллизации

Процесс вначале ускоряется, пока столкновение кристаллов не начинает препятствовать их росту. Объем жидкой фазы, в которой образуются кристаллы, уменьшается. После кристаллизации 50 % объема металла, скорость кристаллизации будет замедляться.

Таким образом, процесс кристаллизации состоит из образования центров кристаллизации и роста кристаллов из этих центров.

В свою очередь, число центров кристаллизации (ч.ц.) и скорость роста кристаллов (с.р.) зависят от степени переохлаждения (рис. 6).

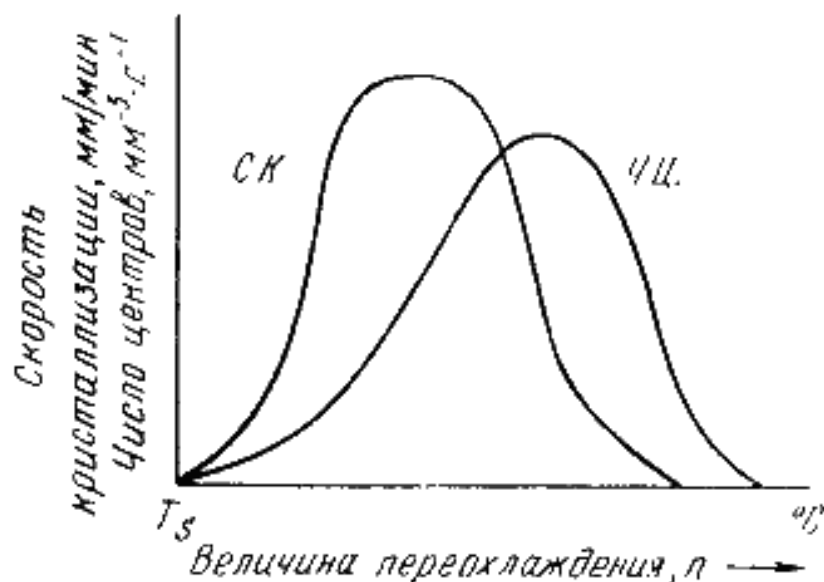


Рис. 6. Зависимость числа центров кристаллизации (а) и скорости роста кристаллов (б) от степени переохлаждения

Размеры образовавшихся кристаллов зависят от соотношения числа образовавшихся центров кристаллизации и скорости роста кристаллов при температуре кристаллизации.

При равновесной температуре кристаллизации T_s число образовавшихся центров кристаллизации и скорость их роста равняются нулю, поэтому процесса кристаллизации не происходит.

Если жидкость переохлаждать до температуры, соответствующей т.а, то образуются крупные зерна (число образовавшихся центров небольшое, а скорость роста – большая).

При переохлаждении до температуры соответствующей т.в – мелкое зерно (образуется большое число центров кристаллизации, а скорость их роста небольшая).

Если металл очень сильно переохлаждать, то число центров и скорость роста кристаллов равны нулю, жидкость не кристаллизуется, образуется аморфное тело. Для металлов, обладающих малой склонностью к переохлаждению, экспериментально обнаруживаются только восходящие ветви кривых.

3. Условия получения мелкозернистой структуры.

Стремятся к получению мелкозернистой структуры. Оптимальными условиями для этого являются: максимальное число центров кристаллизации и малая скорость роста кристаллов.

Размер зерен при кристаллизации зависит и от числа частичек нерастворимых примесей, которые играют роль готовых центров кристаллизации – оксиды, нитриды, сульфиды.

Чем больше частичек, тем мельче зерна закристаллизовавшегося металла.

Стенки изложниц имеют неровности, шероховатости, которые увеличивают скорость кристаллизации.

Мелкозернистую структуру можно получить в результате модифицирования, когда в жидкие металлы добавляются посторонние вещества – модификаторы,

По механизму воздействия различают:

1. Вещества, не растворяющиеся в жидком металле – выступают в качестве дополнительных центров кристаллизации.
2. Поверхностно - активные вещества, которые растворяются в металле, и, осаждаясь на поверхности растущих кристаллов, препятствуют их росту.

4. Строение металлического слитка.

Схема стального слитка, данная Черновым Д.К., представлена на рис.7.

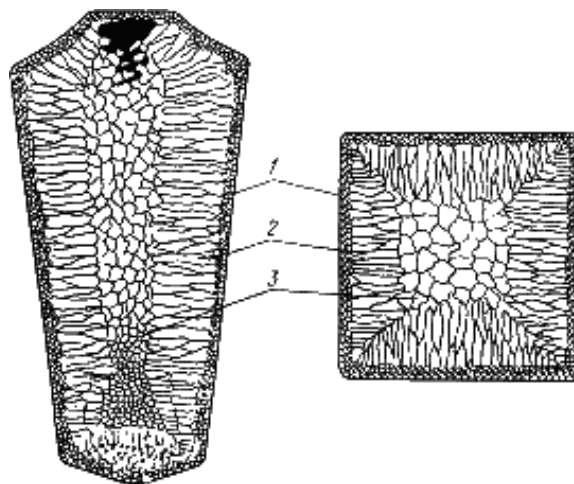


Рис. 7. Схема стального слитка

Слиток состоит из трех зон:

1. мелкокристаллическая корковая зона;
2. зона столбчатых кристаллов;
3. внутренняя зона крупных равноосных кристаллов.

Кристаллизация корковой зоны идет в условиях максимального переохлаждения. Скорость кристаллизации определяется большим числом центров кристаллизации. Образуется мелко

зернистая структура.

Жидкий металл под корковой зоной находится в условиях меньшего переохлаждения. Число центров ограничено и процесс кристаллизации реализуется за счет их интенсивного роста до большого размера.

Рост кристаллов во второй зоне имеет направленный характер. Они растут перпендикулярно стенкам изложницы, образуются древовидные кристаллы – дендриты (рис. 8). Растут дендриты с направлением, близким к направлению теплоотвода.

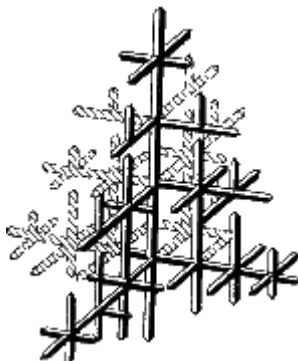


Рис. Схема дендрита по Чернову Д.К.

Так как теплоотвод от незакристаллизовавшегося металла в середине слитка в разные стороны выравнивается, то в центральной зоне образуются крупные дендриты со случайной ориентацией.

Зоны столбчатых кристаллов в процессе кристаллизации стыкуются, это явление называется транскристаллизацией.

Для малопластичных металлов и для сталей это явление нежелательное, так как при последующей прокатке, ковке могут образовываться трещины в зоне стыка.

В верхней части слитка образуется усадочная раковина, которая подлежит отрезке и переплавке, так как металл более рыхлый (около 15...20 % от длины слитка)

Методы исследования металлов: структурные и физические

Металлы и сплавы обладают разнообразными свойствами. Используя один метод исследования металлов, невозможно получить информацию о всех свойствах. Используют несколько методов анализа.

5. Аллотропия или полиморфные превращения.

Способность некоторых металлов существовать в различных кристаллических формах в зависимости от внешних условий (давление, температура) называется **аллотропией** или **полиморфизмом**.

Каждый вид решетки представляет собой аллотропическое видоизменение или модификацию.

Примером аллотропического видоизменения в зависимости от температуры является железо (Fe).

Fe: $t < 911^{\circ}\text{C}$ – ОЦК - Fe_{α} ;

$911 < t < 1392^{\circ}\text{C}$ – ГЦК - Fe_{β} ;

$1392 < t < 1539^{\circ}\text{C}$ – ОЦК - Fe_{δ} ; (высокотемпературное Fe_{α})

Превращение одной модификации в другую протекает при постоянной температуре и сопровождается тепловым эффектом. Видоизменения элемента обозначается буквами греческого алфавита в виде индекса у основного обозначения металла.

Примером аллотропического видоизменения, обусловленного изменением давления, является углерод: при низких давлениях образуется графит, а при высоких – алмаз.

Используя явление полиморфизма, можно упрочнять и разупрочнять сплавы при помощи термической обработки.

6. Кривая охлаждения железа.

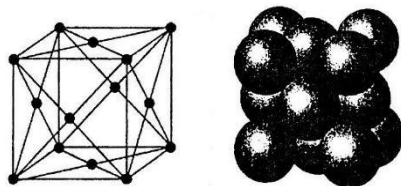
Порядковый номер железа в таблице Менделеева – 26, атомная масса - $A = 55,85$ а.е.м. (атомные единицы массы). Радиус атома - $R = 1,27\text{\AA}$. Температура плавления - $T_{\text{пл}} = 1539^{\circ}\text{C}$. Плотность – $7,68 \text{ г/см}^3$.

Железо существует в двух аллотропических модификациях: объемноцентрированного куба (Fe_{α}) и гранецентрированного куба (Fe_{γ}). Из кривой охлаждения чистого железа (рис.9) видно, что Fe_{α} существует в двух интервалах температур : ниже 911°C и от 1392 до 1539°C . Достигнув при охлаждении температуры 1392°C , Fe_{α} претерпевает аллотропическое превращение, в процессе которого кристаллическая решетка объемно-центрированного куба при постоянной температуре перестраивается в решетку гранецентрированного куба Fe_{γ} . Второе аллотропическое превращение в процессе охлаждения происходит при температуре 911°C , когда Fe_{γ} (решетка гранецентрированного куба) перестраивается в объемноцентрированную кубическую решетку Fe_{α} .

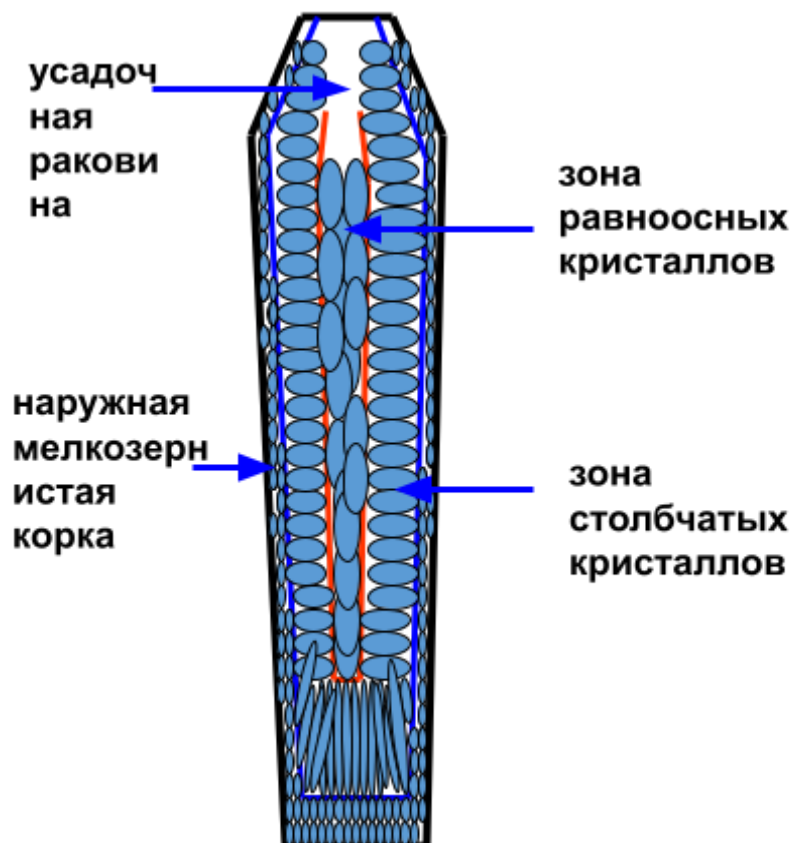
При температуре 768°C , называемой точкой Кюри, железо испытывает магнитное превращение: ниже 768°C железо становится магнитным. Магнитное превращение есть особый вид превращения и имеет ряд особенностей, отличающих его от аллотропического превращения.

ВОПРОСЫ К УЧАЩИМСЯ

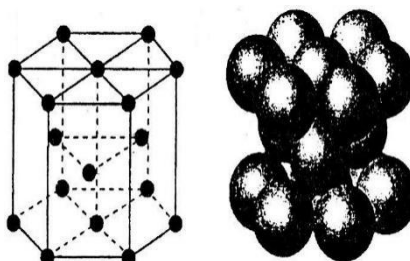
1. К какому типу относится эта кристаллическая решетка и в каких металлах находится?



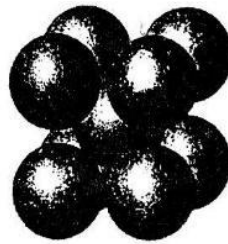
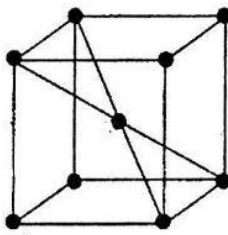
2. Опишите строение слитка металла?



3. К какому типу относится эта кристаллическая решетка и в каких металлах находится?



4. К какому типу относится эта кристаллическая решетка и в каких металлах находится?



Подведение итогов урока. 3 — 5 мин.

Домашнее задание. 5 мин.

СОДЕРЖАНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

Выучить параграф & 2.2. Кристаллическое строение металлов. Раздел 2 Строение и свойства металлов, Учебника Материаловедение Волгожанин С.А. Солнцев Ю.П. стр. 42.

Сделать презентации на тему: «Кривая охлаждения железа».

Сделать презентации на тему: «Аллотропическое видоизменение или модификация».

Сделать презентации на тему: «Строение металлического слитка».

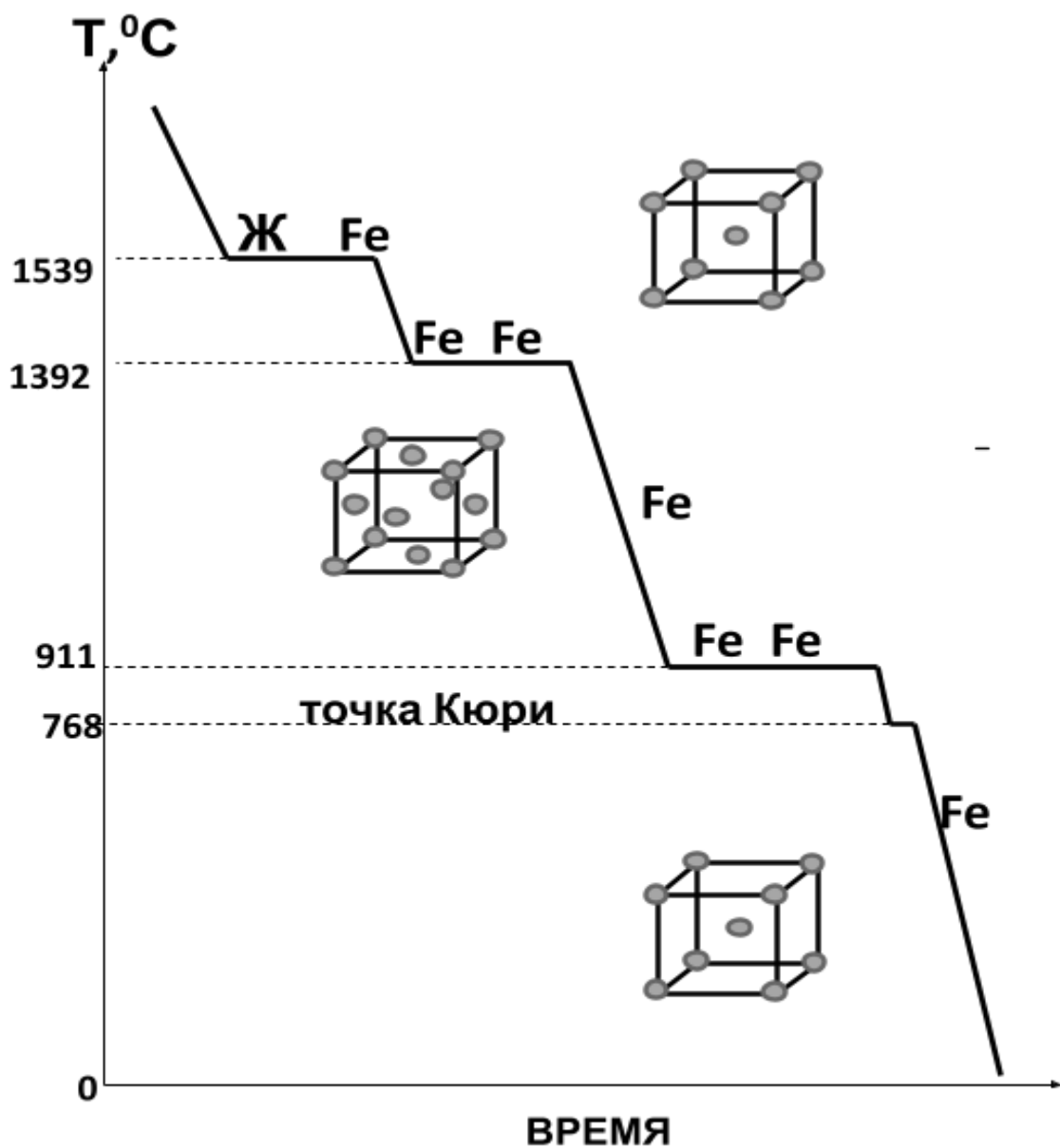


Рис.Кривая охлаждения чистого железа

1. Вывод.

В жидком металле атомы находятся в состоянии непрерывного движения и в их расположении нет такого порядка, как в твердом металле.

При переходе металла из жидкого состояния в твердое происходит кристаллизация.

Основы теории кристаллизации разработаны основоположником науки материаловедения Д. ,К. Черновым.