



ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Лекция 7

Поток 1А

Лектор доц. Дощечкина И .В.

(lect_7 _1A_ТКМiМ _2016. pptx)

(Использованы материалы электронного ресурса [www.google.com.ua / search](http://www.google.com.ua/search))

ПЛАН ЛЕКЦИИ

- ✗ 1. Суть, цель и параметры термической обработки стали.
- ✗ 2. Критические точки в сталях.
- ✗ 3. Превращения при нагреве стали.
- ✗ 4. Превращения в стали при охлаждении (C-образная диаграмма).
- ✗ 5. Перлитное превращение.
- ✗ 6. Бейнитное превращение.
- ✗ 7. Мартенситное превращение.

СУТЬ И ЦЕЛЬ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Термическая обработка (ТО) заключается в **нагреве** стали до определенной температуры, **выдержке** для равномерного прогрева изделия и завершения фазовых превращений и **последующего охлаждения** с определенной скоростью.

Цель термической обработки – получить необходимую структуру для обеспечения нужных свойств без изменения химического состава стали

Основные параметры, определяющие результат ТО:

1. Температура нагрева - $t^{\circ} \text{C}^{\circ}$.
2. Время выдержки - τ (с., мин., час).
3. Скорость охлаждения - $V_{\text{ох.}}$.

Нагрев



Выдержка



Охлаждение

Именно при охлаждении происходит формирование структуры и свойств изделия.

Решающим фактором является скорость охлаждения.

При условии рационального выбора сплава ТО обеспечивает **надёжность** и **долговечность** конструкций при **уменьшении** ее массы.

Критические точки стали

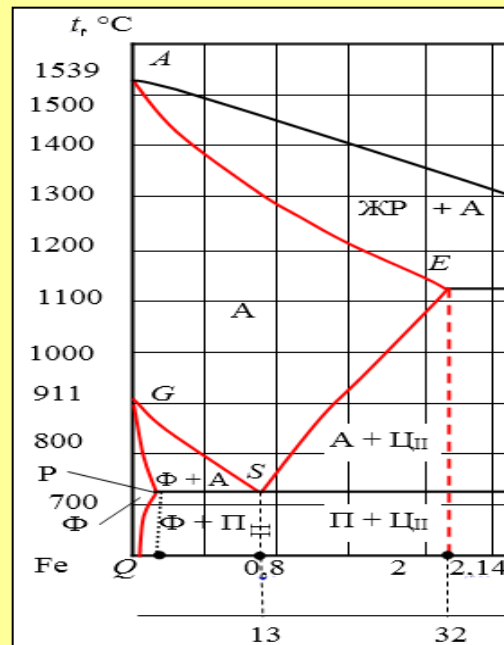
В соответствии с диаграммой Fe-Fe₃C при нагреве и охлаждении стали происходят **фазовые превращения** при определенных температурах, которые отвечают **критическим точкам**. Их обозначают буквой А с **числовым индексом**.

Точка **A₁** равна **727 С** и отвечает линии **PSK**.

A₂ – точка Кюри **768 С**.

Точка **A₃** соответствует линии **GSE**. Для **заэвтектоидной** стали **A₃** – **SE**.

Для **эвтектоидной** стали **A₁** и **A₃** совпадают (точка **S**) – **A_{1,3}**.



Критические точки при нагреве

обозначают **A_{C1}** и **A_{C3}**.

A_{C1} – начало образования аустенита при нагреве;

A_{C3} – окончание процесса.

Точка **A_{cm}** – окончание растворения цементита в аустените.

При **охлаждении** точки обозначают **A_{r1}** и **A_{r3}**. **A_{r1}** – начало выделения феррита из аустенита. **A_{r3}** – окончание превращения аустенита в перлит.

Критические точки используют для назначения режимов термической обработки.

Превращения при нагреве стали (процесс аустенизации)

Образование аустенита начинается при температуре **выше 727 °C** (точка A_{C1}) и осуществляется **в 2 стадии**:

- 1) полиморфное $\alpha \rightarrow \gamma$ превращение (решетка ОЦК превращается в ГЦК);
- 2) растворение карбидов в аустените и перераспределение углерода в твердом растворе.

Для **эвтектоидной стали (0,8%)**

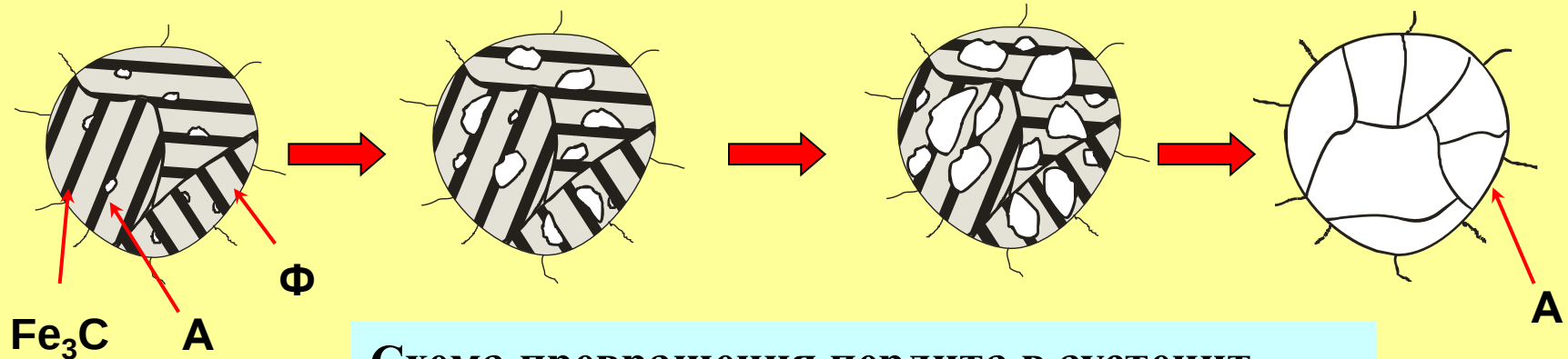
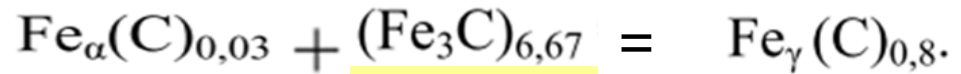


Схема превращения перлита в аустенит

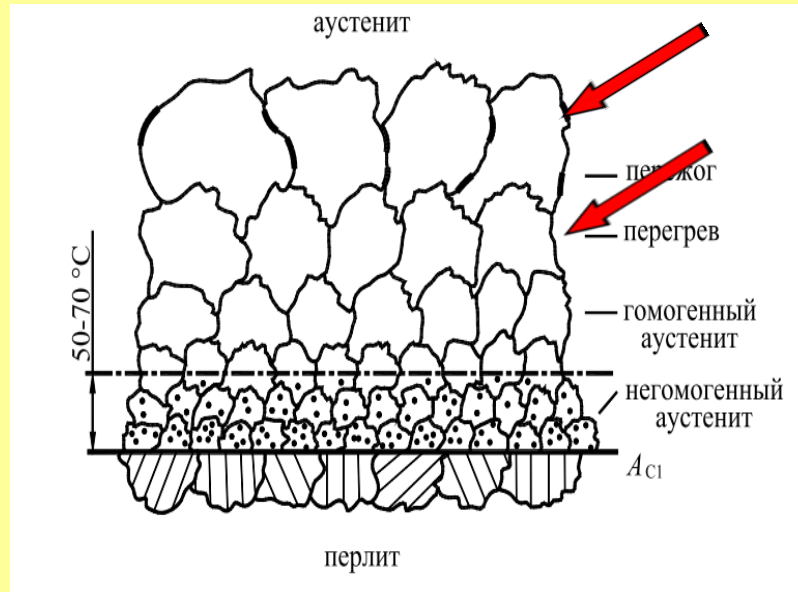
В каждом перлитном зерне возникает несколько зародышей аустенита.

Превращение сопровождается измельчением зерна, что очень важно для практики термической обработки.

Процессы, происходящие при нагреве эвтектоидной стали

После нагрева **выше A_{C1}** в аустените еще сохраняются **нерастворенные частицы цементита** (на схеме - точки).

В аустените меньше содержание углерода, чем в стали.



Превращение перлита в аустенит

В момент образования **аустенит неоднородный (негомогенный)**.

По мере растворения карбидов и диффузионного выравнивания концентрации углерода при температуре **$A_{C1} + (50-70)^\circ\text{C}$** аустенит становится **однородным** и содержит **0,8% C**.

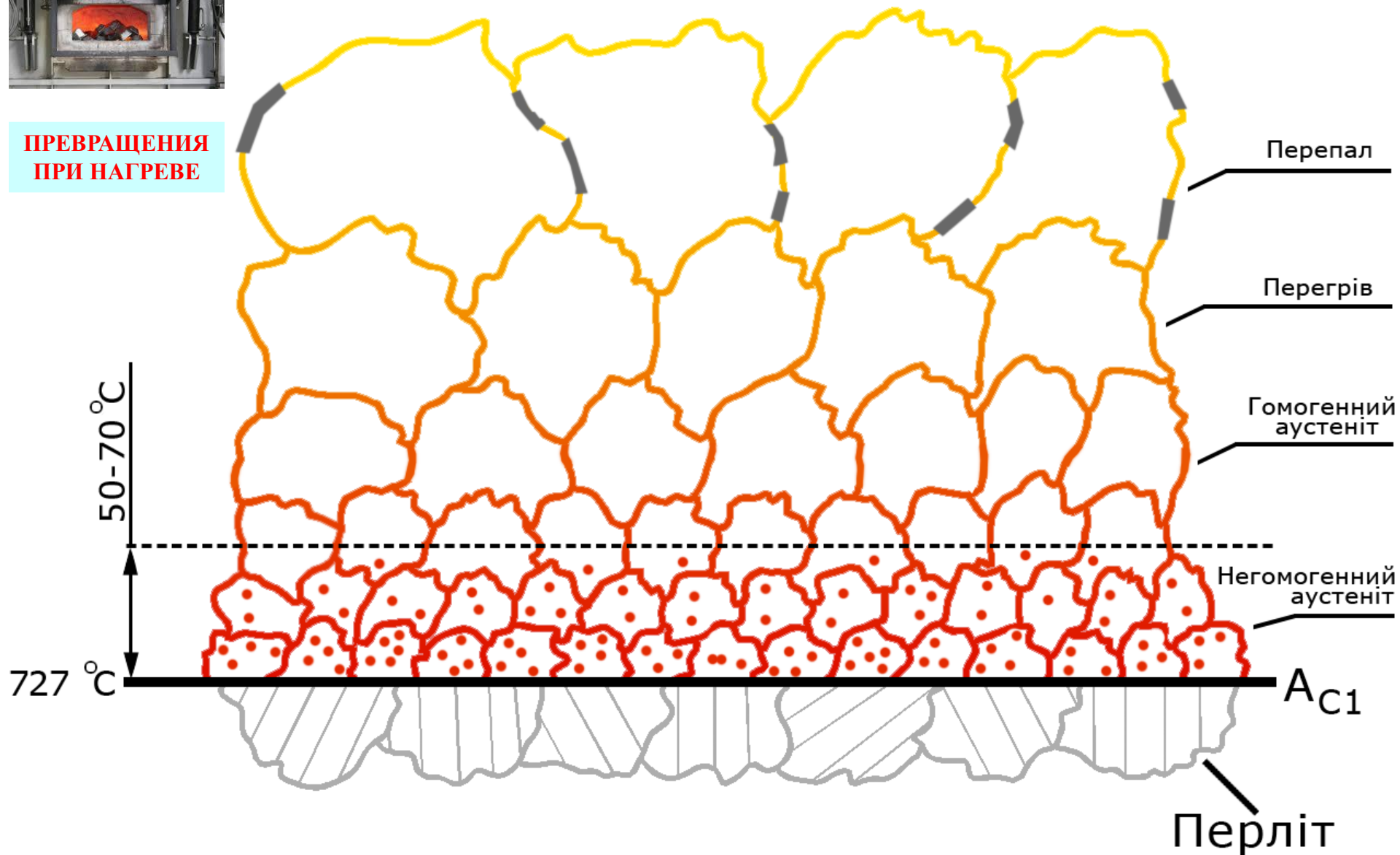
При температуре **выше A_{C1}** начальные **зерна аустенита** мелкие. После образования гомогенного аустенита начинается рост зерна.

Нагрев **до $1000 - 1200^\circ\text{C}$** приводит к **перегреву** ($KCU \downarrow$, $G_{IC} \downarrow$, $t_{xp} \uparrow$) и **охрупчиванию** стали.

Вблизи **линии солидус** имеет место **пережог**.



**ПРЕВРАЩЕНИЯ
ПРИ НАГРЕВЕ**



Сталь У8

Превращение происходит в интервале температур.

Скорость превращения сильно зависит от температуры.

Чем быстрее нагревается сталь (скорость V_2), тем при более высоких температурах превращение начинается и заканчивается.

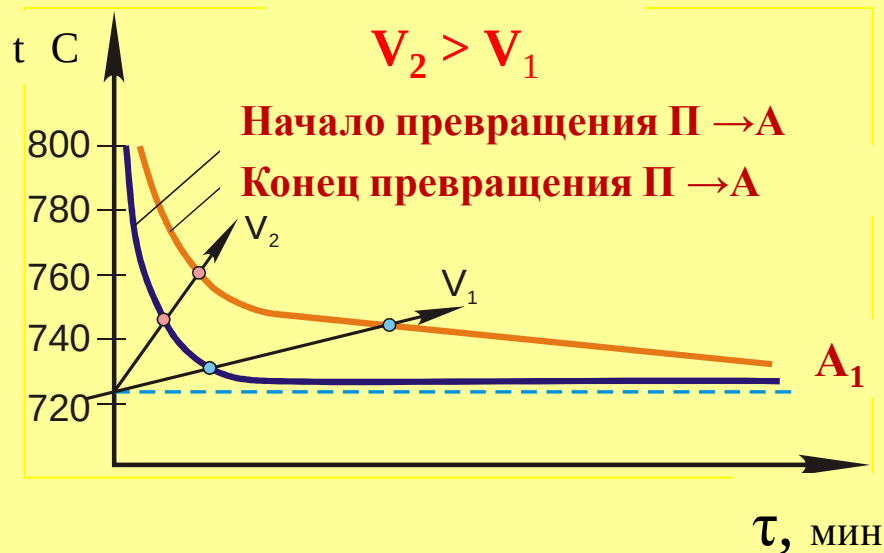


Диаграмма изотермического превращения перлита в аустенит

Скорость превращения перлита в аустенит зависит от степени дисперсности и формы перлита.

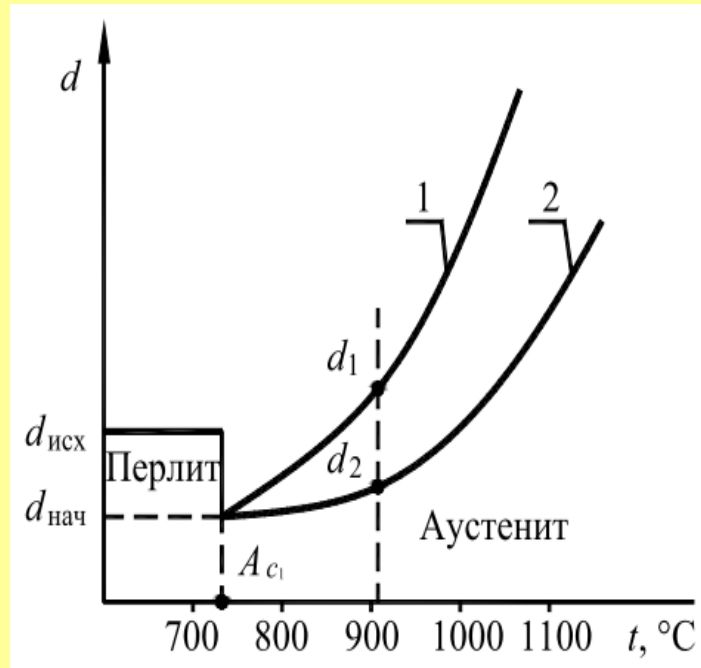
Чем тоньше пластины цементита, тем быстрее протекает превращение

С повышением нагрева повышается **число зародышей аустенита** на границе раздела Ф - Ц, что увеличивает **скорость превращения**.

Влияние температуры нагрева на размер зерна аустенита

Существуют наследственно крупнозернистые (**кривая 1**) и наследственно мелкозернистые (**кривая 2**) стали..

Наследственное (природное) зерно характеризует склонность зерна аустенита к росту.



$d_{\text{исх}}$ — исходное зерно перлита;

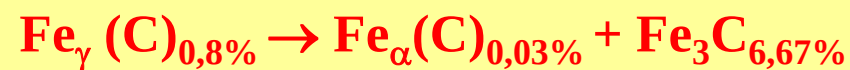
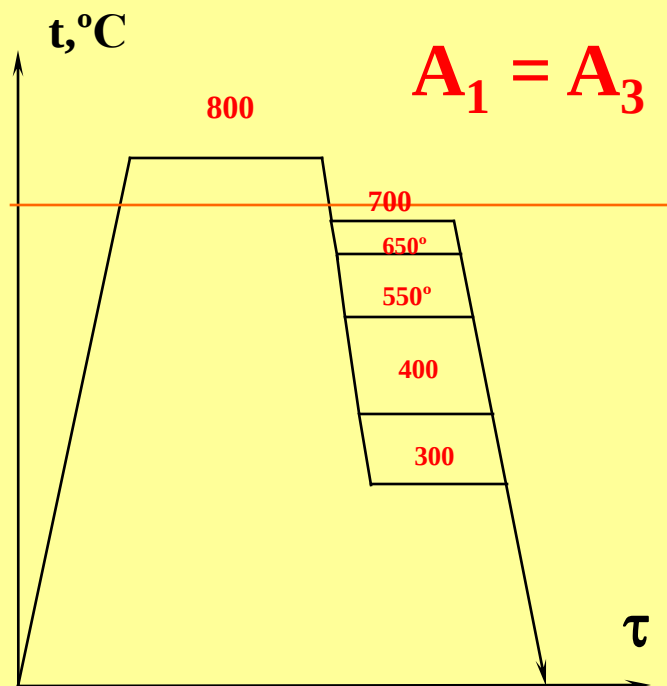
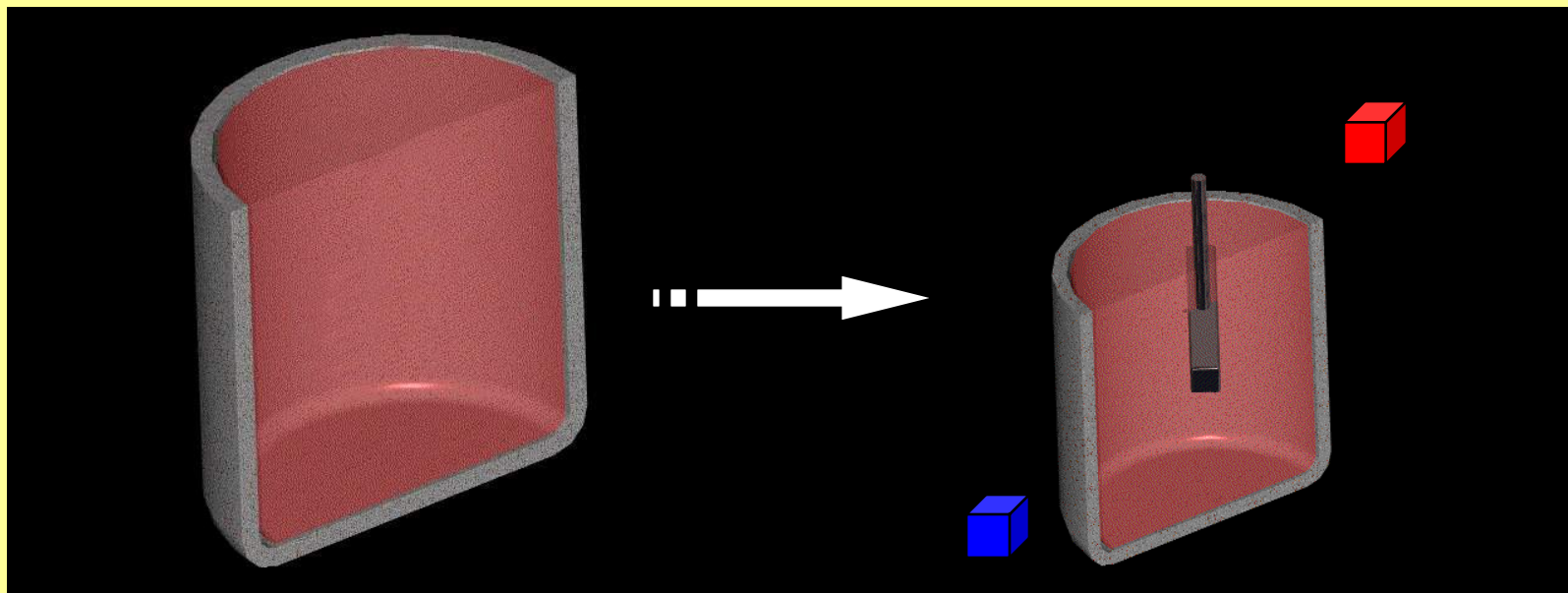
$d_{\text{нач}}$ — начальное зерно аустенита.

Действительное зерно — то, которое образовалось при данной температуре нагрева (**зерно d_1 и d_2**).

Оно и влияет на свойства стали.

На **размер зерна** аустенита **влияют**: химсостав стали, температура и скорость нагрева, продолжительность выдержки при заданной температуре.

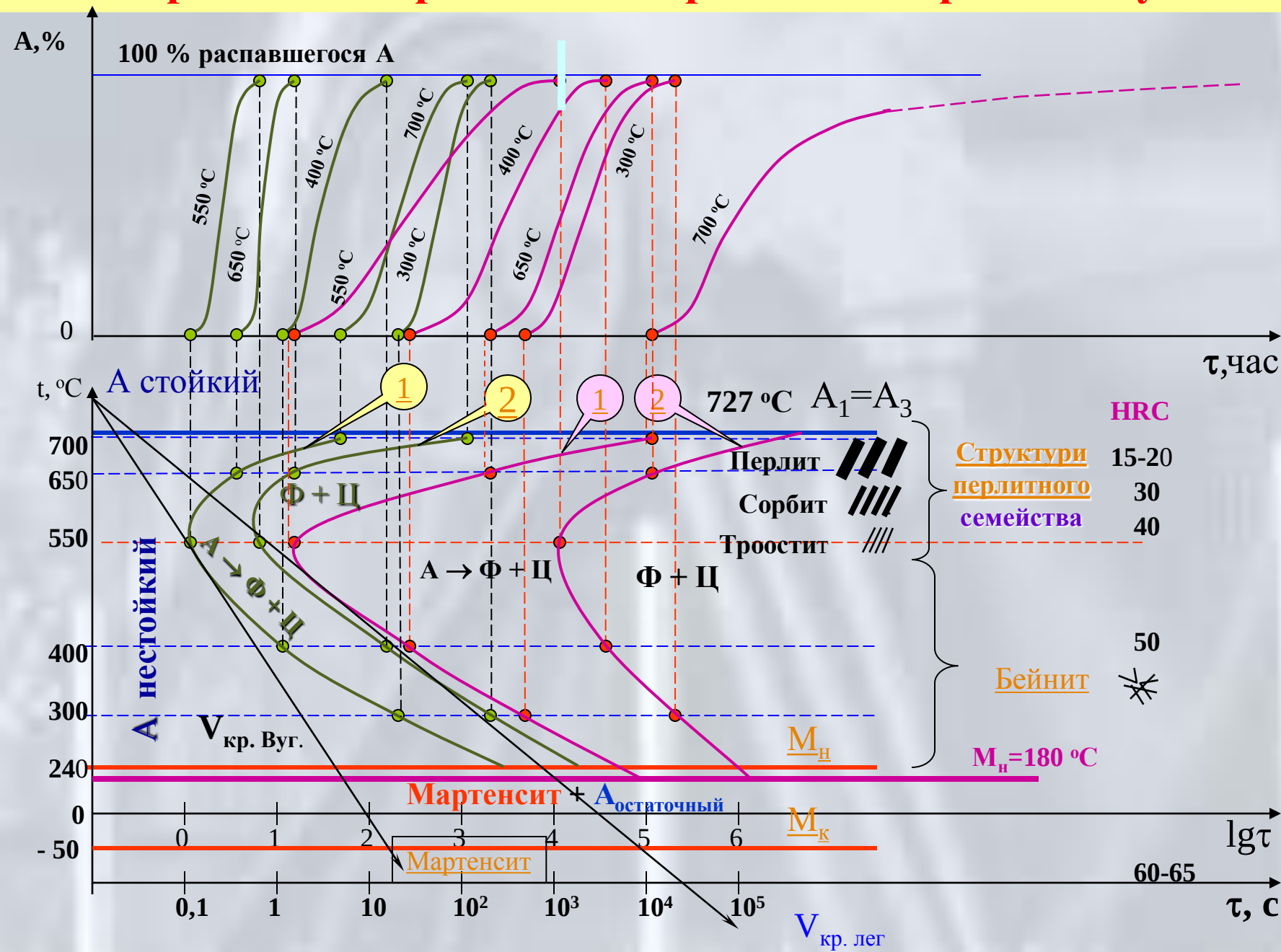
Спокойные стали наследственно мелкозернистые (**зерно 5-8 баллов**), а **кипящие** — наследственно крупнозернистые (**1-4 балла**).



Температура выдержки	Время начала распада	$\lg \tau$	Время полного распада	$\lg \tau$
700	$a_1 - 60$	1,78	$b_1 - 960$	2,98
650	$a_2 - 3$	0,48	$b_2 - 17$	1,23
550	$a_3 - 1$	0	$b_3 - 5$	0,7
400	$a_4 - 10$	1	$b_4 - 180$	2,25
300	$a_5 - 180$	2,25	$b_5 - 1620$	3,21

Отметив **время до начала распада и время полного распада** аустенита, строят **кинетические кривые**

Построение диаграммы изотермического распада аустенита



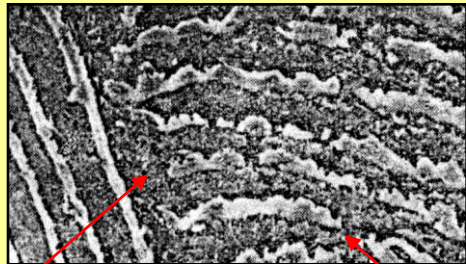
Перлитное превращение (диффузионное)

В интервале температур 727-550 С аустенит превращается в феррито-карбидную смесь разной дисперсности (разная толщина цементитных частиц и расстояние между ними Δ_0).

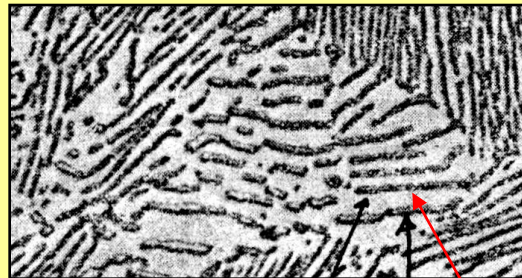
Дисперсность повышается со снижением температуры.



Перлит



Δ_0 0,5 – 1 мкм
15 – 20 HRC



Δ_0 0,2 – 0,3 мкм
30 HRC



Δ_0 0,05 – 0,1 мкм
40 HRC

Структуры перлитного семейства

С увеличением степени дисперсности возрастает прочность и твердость стали.

Наилучшее сочетание свойств (прочности, пластичности и ударной вязкости) имеет **структура сорбита**.

Бейнитное превращение

В интервале температур **550-240 °C** формируется ферритно-карбидная смесь, называемая **бейнит**.



Феррит бейнита пересыщен углеродом до **0,1%.**



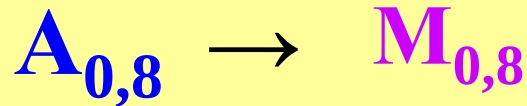
Твердость бейнита **50-55 HRC.**
Он обладает хорошими **упругими свойствами**

Это **превращение** является **промежуточным** и имеет смешанный диффузионный и бездиффузионный характер.

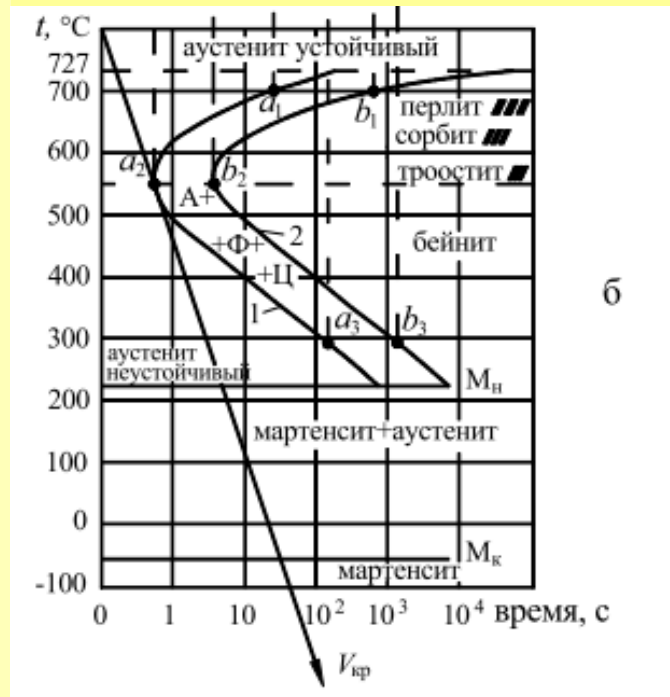
Бейнит может иметь пластинчатое, но, чаще всего, имеет **игольчатое строение.**

Мартенситное превращение

При переохлаждении стали с 0,8% до 240 С происходит бездиффузионное превращение аустенита в мартенсит.



Превращение происходит в интервале температур $M_n - M_k$ при непрерывном охлаждении стали со скоростью $V_{охл} > V_{кр}$



В интервале температур $M_n - M_k$ структура мартенсит и аустенит остаточный.

Для образования 100% мартенсита сталь надо охладить ниже точки M_k .

Наименьшая скорость охлаждения, обеспечивающая чисто мартенситную структуру, называется критической скоростью охлаждения $V_{кр}$.

Вопросы для самостоятельной работы

- ✗ 1. Чем отличаются механизмы образования структур перлитного семейства и мартенсита?
- ✗ 2. Что характеризует диаграмма изотермического распада аустенита и как её строят?
- ✗ 3. Почему аустенит присутствует в структуре стали, охлажденной со скоростью выше критической?

Литература

- ✖ 1. Дьяченко С.С. Материаловедение : учебник / С.С. Дьяченко, И.В. Дощечкина, А.А. Мовлян, Э.И. Плешаков.- Харьков: Издательство ХНАДУ, 2010.-464 с. (стр.169 –184).
- ✖ 2. Гладкий И.П. Технология конструкционных материалов и материаловедение : учебное пособие / И.П. Гладкий, В.И. Мощенок, В.П. Тарабанова, Н.А. Лалазарова, Д.Б. Глушкова.- Харьков: ХНАДУ, 2011.-460 с. (стр.323–332).



Кафедра технології металів и матеріалознавства

Доц. Дощечкина Ирина Васильевна

E-mail: div_khadi@ukr.net

Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ