



«Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство»

Лабораторна робота №7

2016

Лабораторная работа №7

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА (С-образной)

Цель работы - ознакомиться с магнитным методом построения диаграммы изотермического распада аустенита. Изучить превращения, происходящие в стали при охлаждении и влияние химического состава стали на эти превращения.



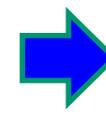
Приборы и материалы:

1. Анизометр.
2. Лабораторные печи.
3. Экспериментальные данные для построения диаграммы изотермического распада аустенита.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

При нагреве стали до температур выше критической точки A_{c1} образуется **аустенит**, который при этих температурах является **устойчивым** и может сохраняться неограниченно долго. Охлаждение до температуры ниже критической вызывает распад аустенита на ферритно-карбидную смесь.

При этом происходят два процесса – **полиморфное превращение железа**; - **перераспределение углерода**.



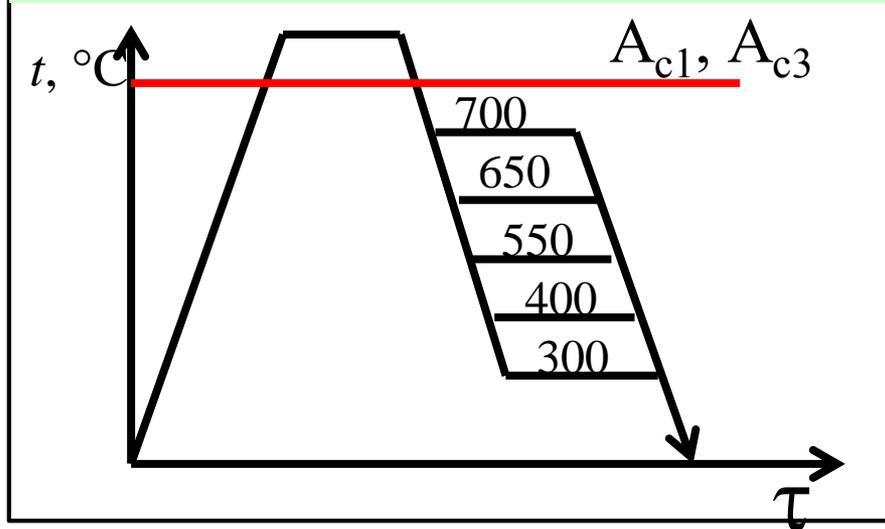
Превращение происходит диффузионным путём.

Аустенит (твёрдый раствор углерода в Fe_{γ}), который имеет решетку **ГЦК**, распадается на **феррит** (твёрдый раствор углерода в Fe_{α}) с решеткой **ОЦК** и **цементит** (химическое соединение Fe_3C).

Фазы - **феррит** и **цементит** - сильно отличаются по содержанию углерода - в феррите углерод почти не растворяется (не более 0,03% при комнатной температуре), а цементит содержит 6,67%С.

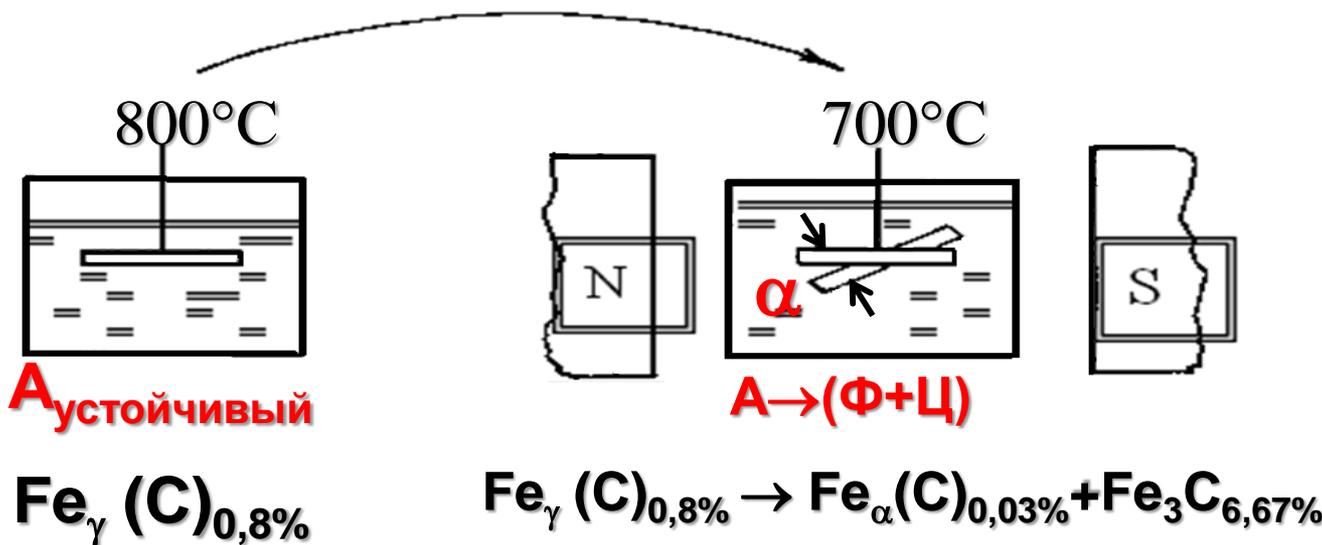
ПРИНЦИП РАБОТЫ АНИЗОМЕТРА

Кинетику распада переохлажденного аустенита изучают с помощью прибора, который называется анизометр.



Действие этого прибора основано на том, что аустенит - это парамагнитная фаза, а феррит - ферромагнитная.

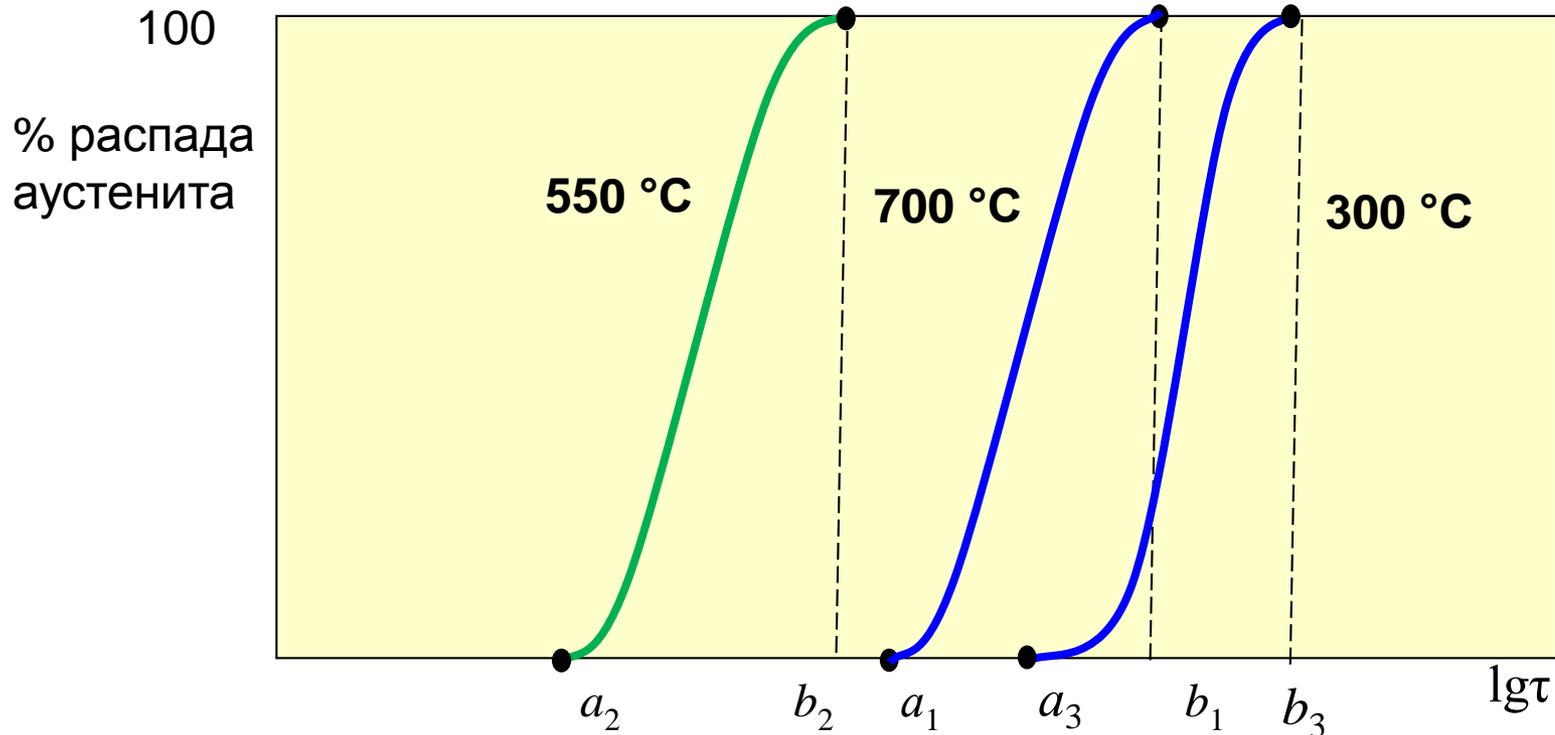
Образцы стали (0,8%С) нагревают выше критической точки A_{c1} , A_{c3} для образования стабильного аустенита и переносят в ванну с температурами ниже 727 °С (700, 600, 550, 400 °С и т.д.). Ванну размещают между полюсами магнита.



При появлении первой порции феррита образец поворачивается в магнитном поле на угол α , который пропорционален количеству распавшегося аустенита.

КИНЕТИЧЕСКИЕ КРИВЫЕ

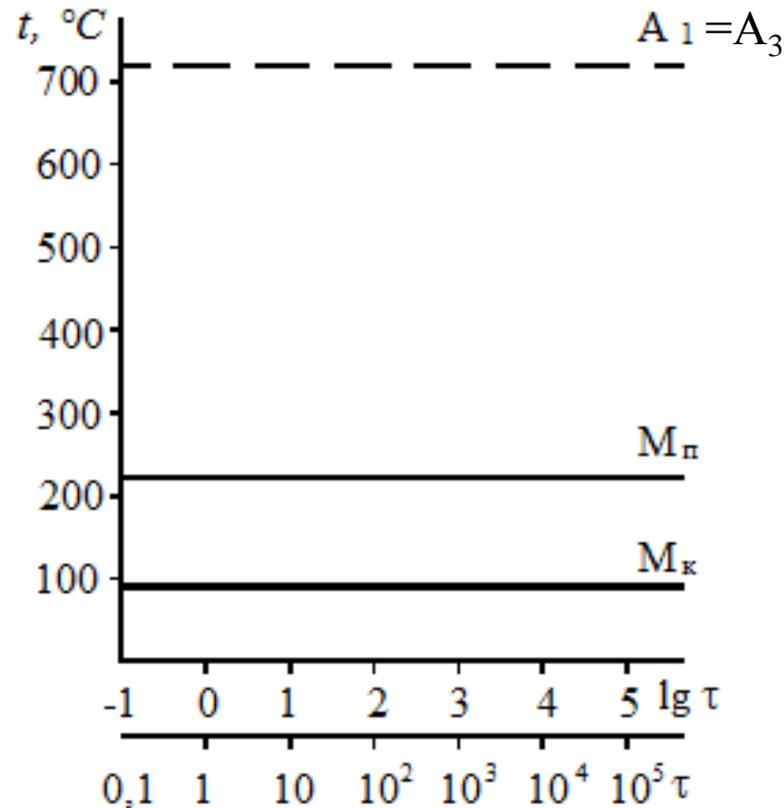
Отмечают время до начала распада (a_1, a_2) и время полного распада (b_1, b_2) и строят кинетические кривые изотермического превращения аустенита для каждой температуры.



ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА ДЛЯ ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ

Кинетические кривые используют для построения **диаграммы изотермического превращения аустенита (С-образной)**.

Диаграмму строят в координатах «температура - время выдержки».



На диаграмму наносят горизонтальную линию, соответствующую 727°C и температуры изотермы, на которые наносят точки начала и конца распада аустенита.

Время выдержки откладывают в логарифмическом масштабе.

ДИАГРАММА ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО РАСПАДА ПЕРЕОХЛАЖДЁННОГО АУСТЕНИТА ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ

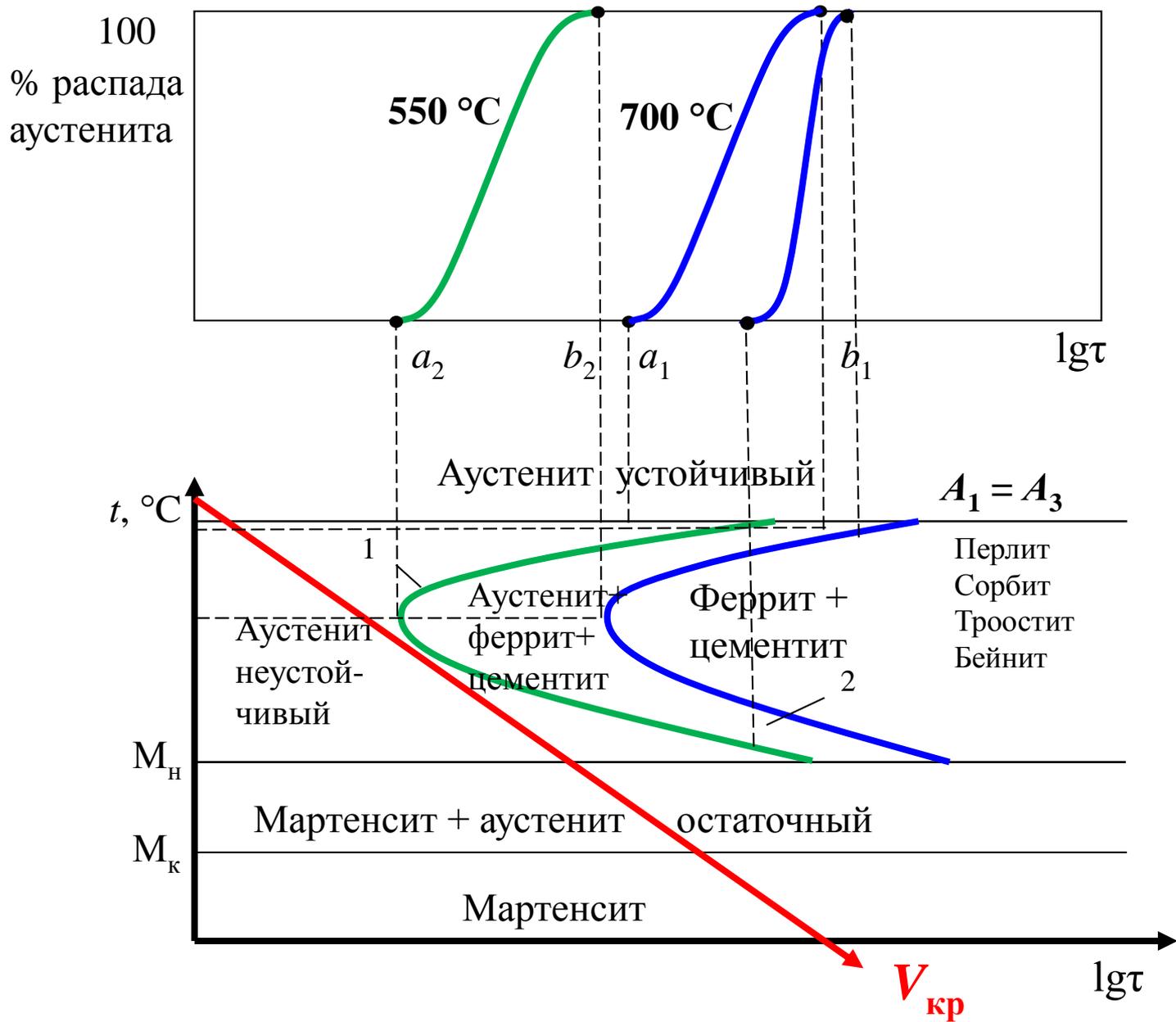


ДИАГРАММА ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ 0,8%С

Температура выдержки t , °C	Время начала распада аустенита τ , с	$\lg \tau$	Общая длительность распада аустенита τ , с	$\lg \tau$
700	$a_1 - 60$	1,78	960	2,98
650	$a_2 - 3$	0,48	17	1,23
550	$a_3 - 1$	0	5	0,7
400	$a_4 - 10$	1	180	2,25
300	$a_5 - 180$	2,25	1620	3,21

Таблица 1 –
Данные для построения диаграммы изотермического превращения аустенита стали с 0,8 % С

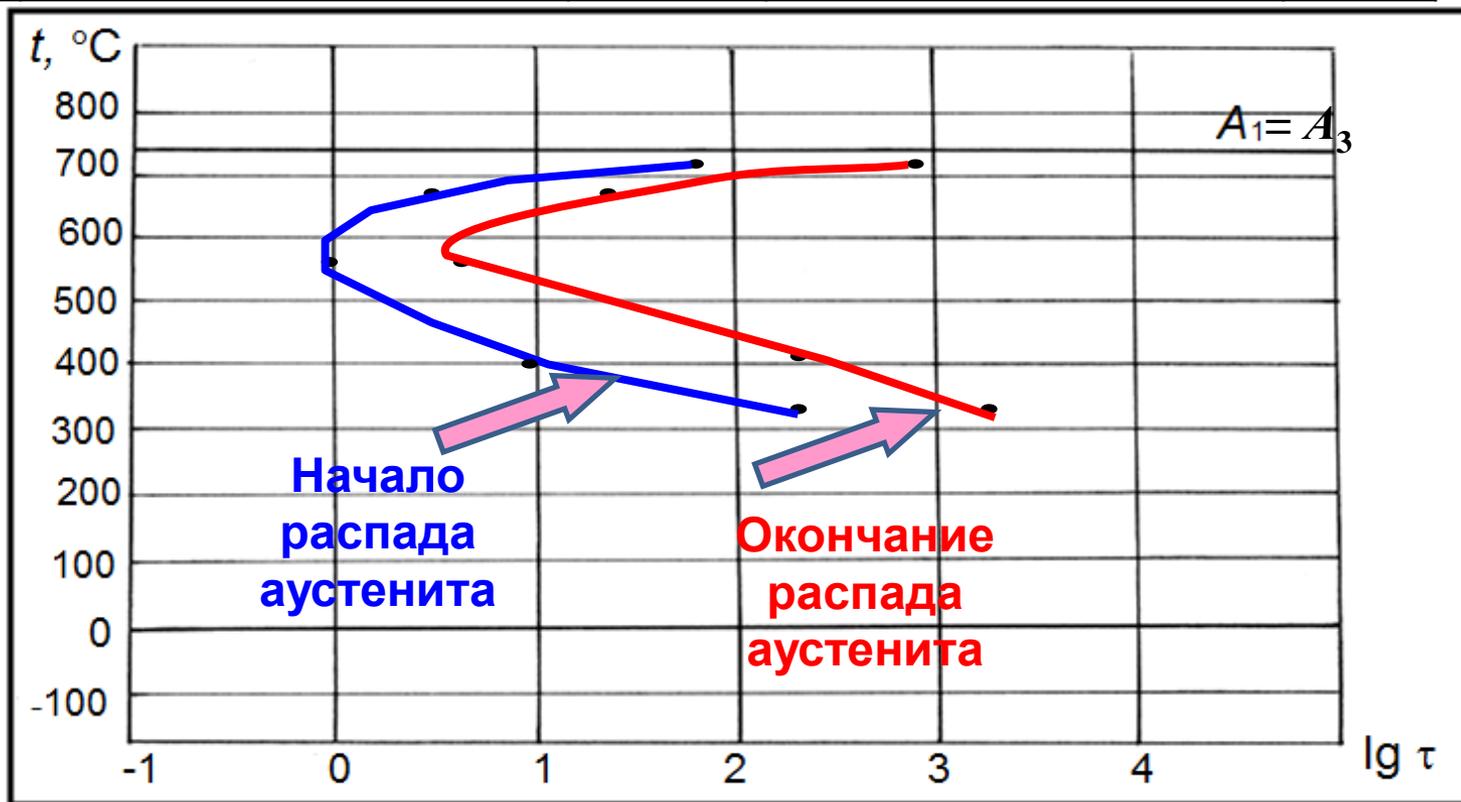
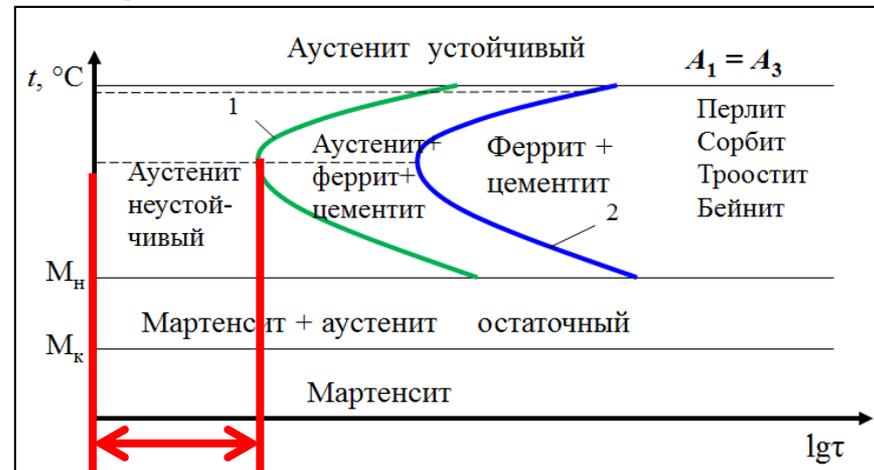


ДИАГРАММА ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА

По своей форме построенная кривая напоминает букву С, поэтому такую диаграмму часто называют С-образной, а кривые - С-образными кривыми.

Выше 727 °С **аустенит устойчив**, то есть он не распадается за любое время выдержки, ниже 727 °С он существует только время, ограниченное линией 1, после чего начинает распадаться.

Аустенит, существующий слева от кривой 1, называют **неустойчивым**. Время до начала распада аустенита называется **инкубационным периодом**.



Инкубационный период

Продолжительность инкубационного периода характеризует устойчивость переохлажденного аустенита. С увеличением степени переохлаждения относительно температуры критической точки A_1 устойчивость аустенита быстро снижается, достигает минимума при 550 °С, после чего вновь возрастает.

ПЕРЛИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

При температуре наименьшей устойчивости аустенита (550 °С) в углеродистых сталях длительность инкубационного периода не превышает 1-1,5 с.

Перлитное превращение

Продукты распада аустенита зависят от температуры переохлаждения ниже равновесной температуры его существования (727 °С).



В интервале температур **727-550°С** аустенит превращается в структуры перлитного семейства - ферритно-карбидные смеси пластинчатого строения - перлит, сорбит, троостит.

Структуры перлитного семейства отличаются степенью дисперсности - толщиной пластинок цементита и расстоянием между ними, что определяет свойства.

ПЕРЛИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

Дисперсность смеси Δ повышается с понижением температуры.



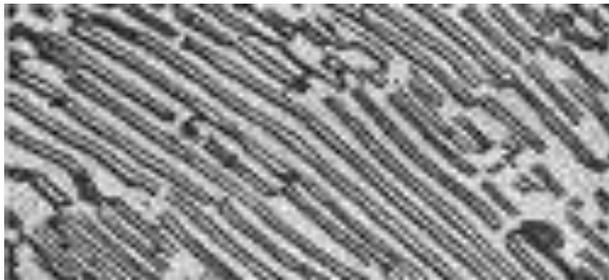
перлит

Ф Ц

$$\Delta_0 = 0,6 - 1,0$$

МКМ

15-20 HRC

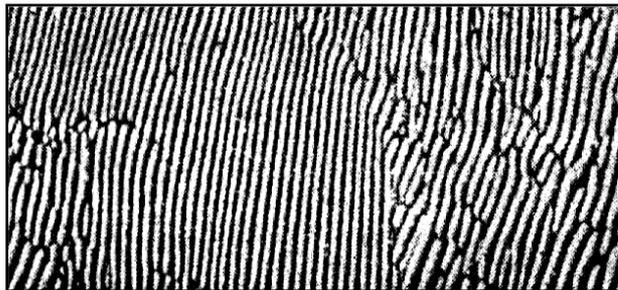


сорбит

$$\Delta_0 = 0,2 - 0,3$$

МКМ

30 HRC



троостит

$$\Delta_0 = 0,1 - 0,15$$

МКМ

40 HRC

С увеличением степени дисперсности ферритно-цементитной смеси твердость и прочность возрастают, пластичность и вязкость снижаются.

БЕЙНИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

Ниже температуры, которая соответствует минимальной устойчивости аустенита 550°C , происходит бейнитное превращение. **Бейнит** - это ферритно-цементитная смесь игольчатого строения, в которой феррит пересыщен углеродом:



бейнит

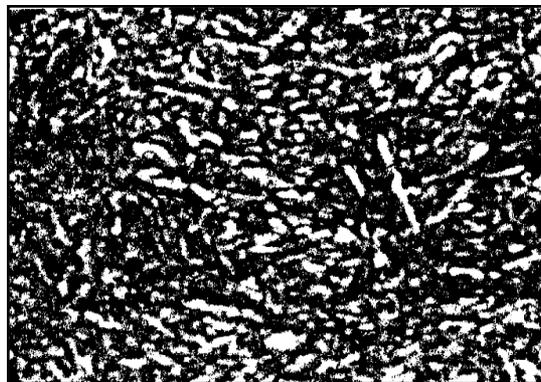
50-55 HRC

МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

При переохлаждении аустенита до температуры M_n (240°C для стали с $0,8\%\text{C}$) диффузионные процессы полностью подавляются, и образование структуры, состоящей из феррита и цементита, становится невозможным. В этом случае происходит **бездиффузионное превращение аустенита в мартенсит**.

Мартенсит - это пересыщенный твердый раствор углерода в Fe_α , который образуется при охлаждении со скоростью выше критической. $V_{\text{кр}}$ - это минимальная скорость охлаждения, при которой образуется 100% мартенсита.

A → M



62 – 65 HRC

В мартенсите столько же углерода, сколько в стали. Характерной особенностью мартенсита является его **высокая твердость и хрупкость**.

Мартенсит содержит повышенную плотность дислокаций (10^{11} - 10^{12} см⁻²). Объем мартенсита больше, чем объем аустенита, из которого он образуется. Поэтому при его образовании возникают **структурные напряжения**. Он имеет игольчатое строение.

Особенности мартенситного превращения

1) Скорость охлаждения $V_{\text{охл}} \geq V_{\text{кр}}$.

2) Бездиффузионный процесс (одинаковый состав фаз в начале и в конце превращения).

3) Происходит в интервале температур $M_{\text{H}} - M_{\text{K}}$.

4) Не может происходить до конца при $t^{\circ} = \text{const}$.

5) Отсутствие инкубационного периода.

6) Увеличение объёма мартенсита (по отношению к аустениту) и повышение плотности дислокаций ($\rho \sim 10^{12}$).

7) Мартенситное превращение осуществляется со скоростью, близкой к скорости звука в стали (~ 5000 м/с).

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА И ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОЛОЖЕНИЕ M_H И M_K

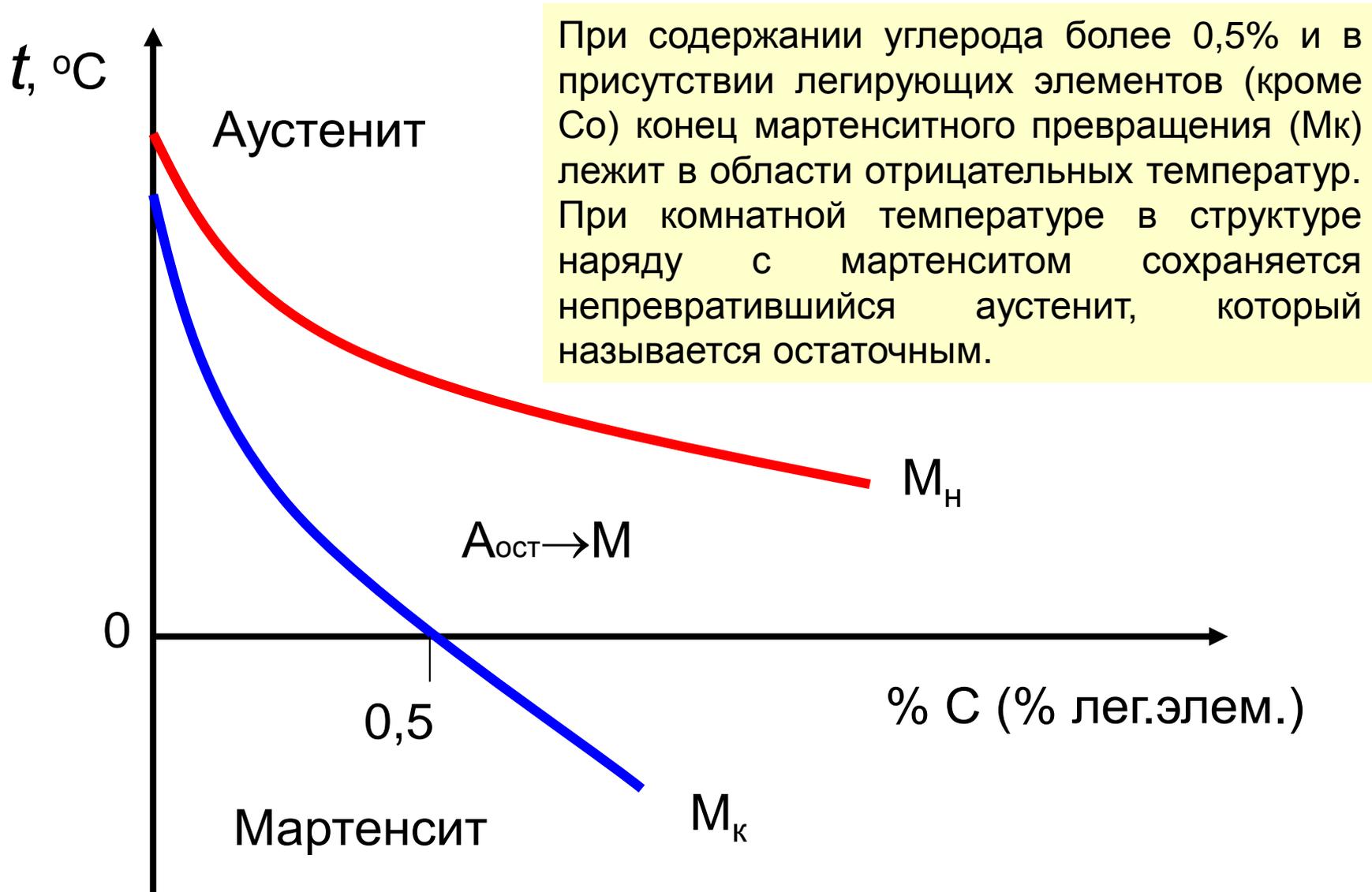
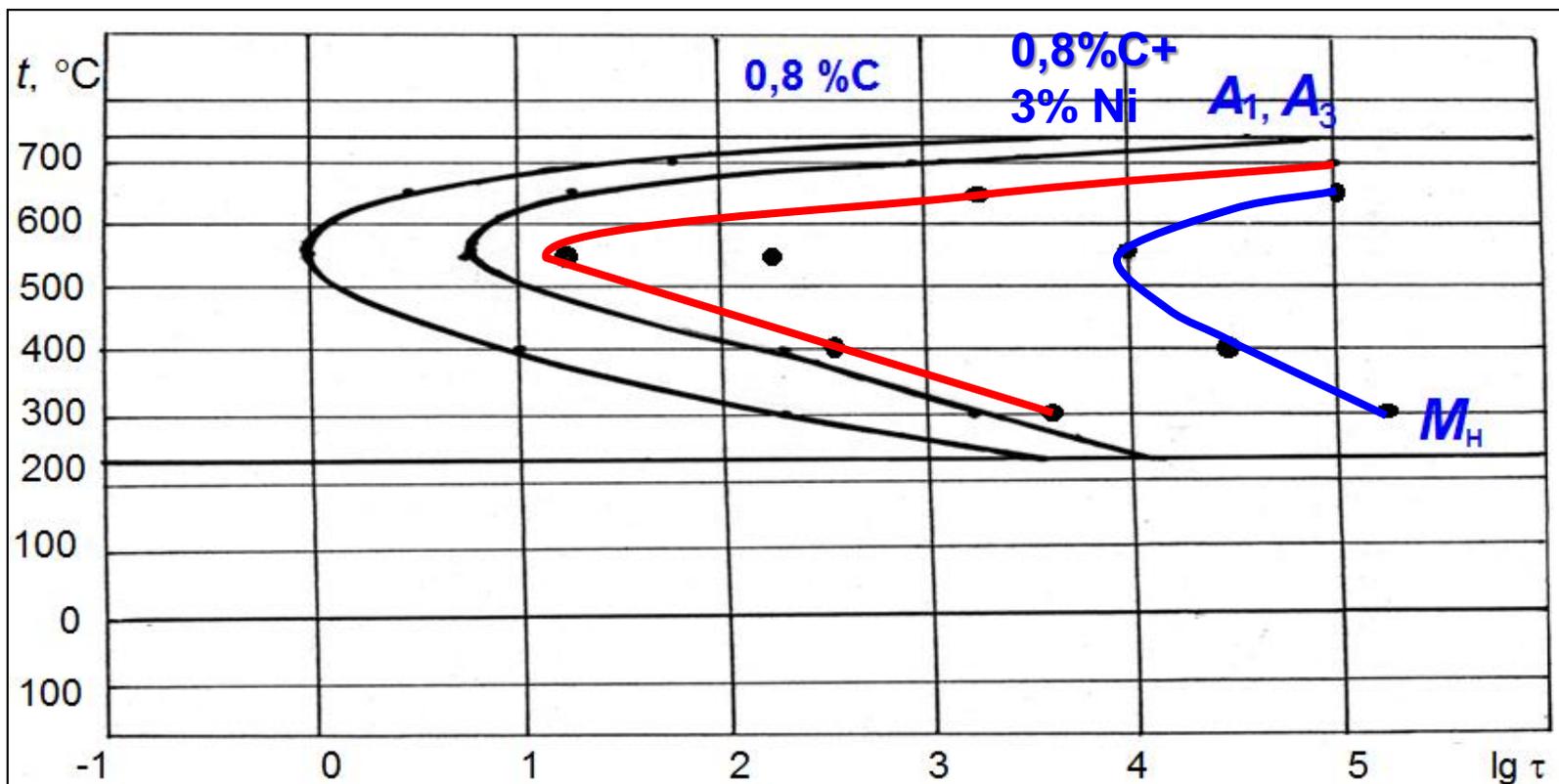


ДИАГРАММА ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА ДЛЯ ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ С 0,8%С И 3 % Ni

Температура выдержки t , °C	Время начала распада аустенита τ , с	$\lg \tau$	Общая длительность распада аустенита τ , с	$\lg \tau$
700	100000	5	Очень длительное	
650	1800	3,25	100000	5
550	12	1,2	10000	4
400	300	2,48	30000	4,48
300	5000	3,6	180000	5,25

Таблица 2
– Данные для построения диаграммы изотермического превращения аустенита стали с 0,8 % С, 3 % Ni

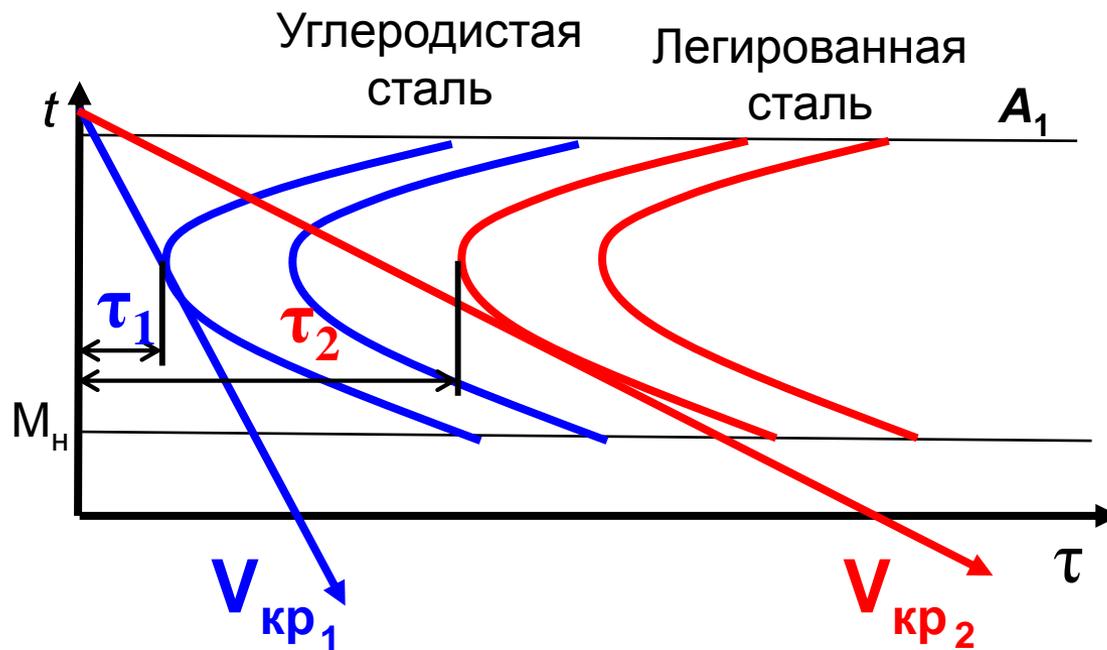


ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА С-ОБРАЗНУЮ ДИАГРАММУ

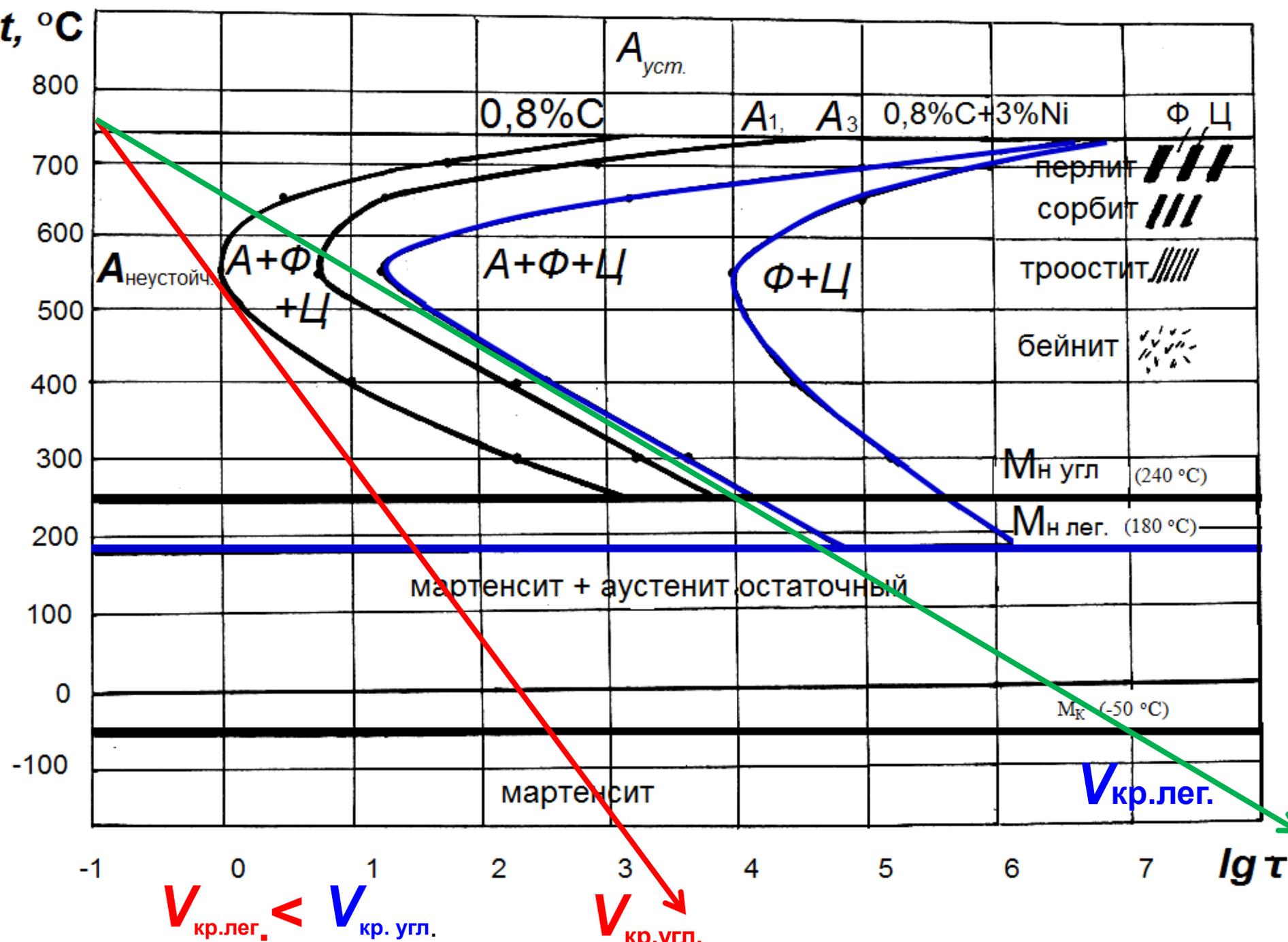
Легирующие элементы увеличивают инкубационный период, сдвигают С-образную вправо и уменьшают критическую скорость охлаждения.

$$V_{\text{кр.лег.}} < V_{\text{кр.угл.}}$$

Отсюда следует, что для получения мартенсита в углеродистой стали с малым инкубационным периодом τ_1 необходимо использовать более интенсивный охладитель, чем для легированной, в которой τ_2 значительно больше.



Для получения мартенсита углеродистые стали охлаждают в воде, а легированные – в минеральном масле!

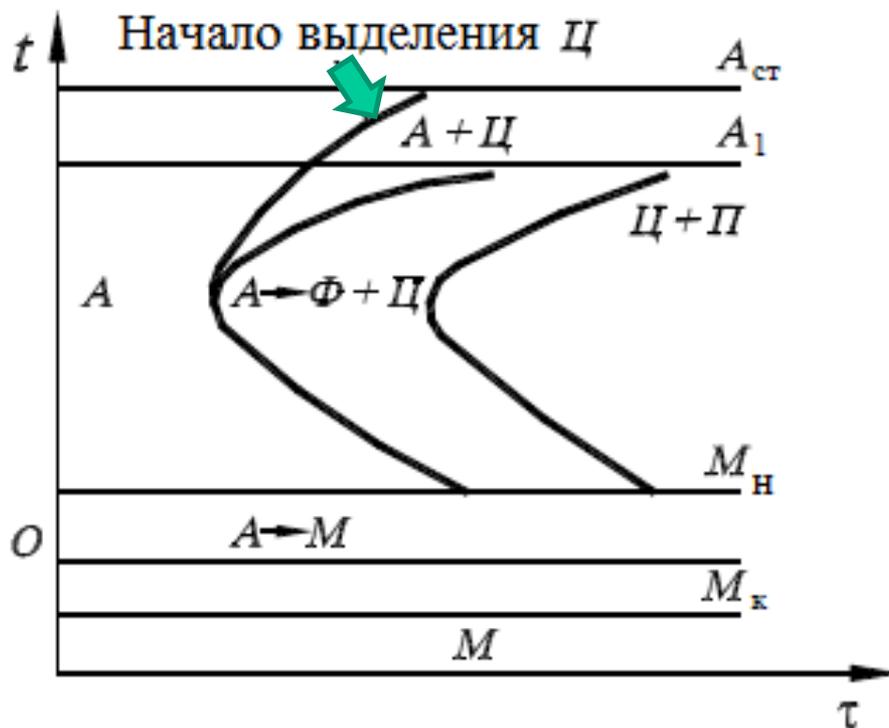


ДИАГРАММЫ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АУСТЕНИТА ДЛЯ ДО- И ЗАЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ

В доэвтектоидной стали превращению аустенита в перлит предшествует выделение из аустенита феррита.



В заэвтектоидной стали превращению аустенита в перлит предшествует выделение из аустенита цементита.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1) Ознакомиться с устройством и работой анизометра.
- 2) По экспериментальным данным построить диаграмму изотермического распада аустенита для эвтектоидной углеродистой стали, приняв $M_H = 240 \text{ }^\circ\text{C}$, $M_K = -60 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 3) По экспериментальным данным построить диаграмму изотермического распада аустенита для стали с 0,8% С, легированной 3% никеля, приняв $M_H = 180 \text{ }^\circ\text{C}$, $M_K = -100 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 4) Изучить микроструктуру сталей после охлаждения при различных изотермических выдержках и после непрерывного охлаждения.
- 5) Оформить отчет о работе.

ОТЧЁТ О РАБОТЕ

Отчёт о работе должен включать:

- 1) Цель работы.
- 2) Краткое изложение теоретических основ работы.
- 3) Диаграммы изотермического превращения аустенита для углеродистой и легированной эвтектоидной стали с нанесенными на них критическими скоростями охлаждения и обозначением микроструктур в различных областях диаграммы.
- 4) Таблицы 1 и 2.
- 5) Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что такое аустенит и при каких температурах он является равновесной структурой?
- 2) Что происходит с аустенитом при охлаждении до температуры ниже критической точки A_1 ?
- 3) Какие структуры образуются при распаде аустенита в различных температурных интервалах? Дайте характеристику этим структурам.
- 4) Как влияет характер ферритно-карбидной смеси на свойства стали?
- 5) При каких условиях охлаждения происходит бездиффузионное превращение аустенита?
- 6) Что такое мартенсит?
- 7) Что такое критическая скорость охлаждения?
- 8) Как влияют легирующие элементы на положение С-образных кривых, критическую скорость охлаждения?
- 9) Как строят диаграмму изотермического распада аустенита?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

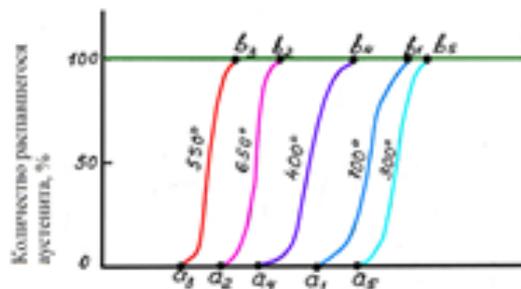
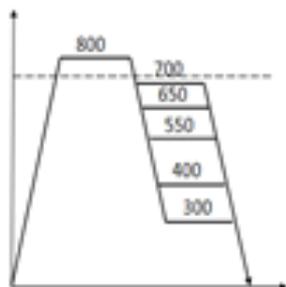
1) По литературным источникам изучить устройство анизометра.

2) Практическое применение диаграммы изотермического распада аустенита.

Протокол к лабораторной работе №7 «Построение диаграммы изотермического превращения аустенита (С-образная диаграмма)»

Выполнил: ст. гр. _____

Принял: _____

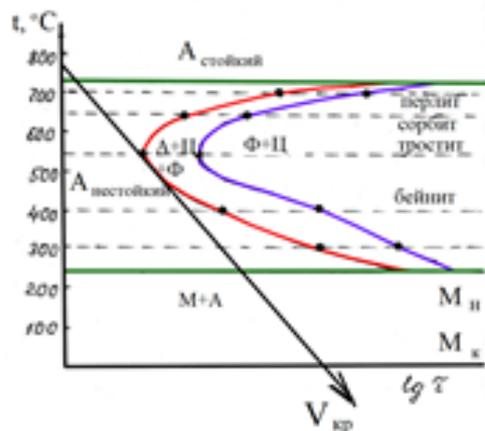


Перлитное превращение
 $A_{0,8} \rightarrow (\Phi_{0,03} + \Pi_{6,67})$



$\Delta = 0,5 - 1 \text{ мкм}$ $\Delta = 0,25 - 0,3 \text{ мкм}$ $\Delta = 0,1 - 0,15 \text{ мкм}$
 15 - 20 HRC 30 HRC 40 HRC

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

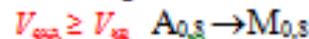


Бейнит



50 - 55 HRC

Мартенсит



62 - 65 HRC

