

# Практическая работа

Студент: Бочкарева С.Ю.

Группа: ФМ-501

ПРЕЗЕНТАЦИЯ ПОСОБИЯ ДЛЯ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ  
МОДУЛИ 5,6.

КАФЕДРА «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И  
МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ»  
Л.И. Попова, П.В. Лошкарев, Ю.Н. Слоневский

# МОДУЛЬ 5

## ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ.

Теоретические основы термической  
обработки.

Практика термической обработки.

Химико-термическая обработка.

# ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

**Термической обработкой** называется технологический процесс, состоящий из совокупности операций нагрева, выдержки и охлаждения изделий из металлов и сплавов, целью которого является изменение их структуры и свойств в заданном направлении.

**Термическая обработка** рассматривает и объясняет изменение строения и свойств металлов и сплавов при тепловом воздействии, а также при тепловом воздействии в сочетании с химическим, деформационным, магнитным и другими воздействиями.

**Термическая обработка** является одним из наиболее распространенных в современной технике способов получения заданных свойств металлов и сплавов. Термическая обработка применяется в качестве промежуточной операции для улучшения обрабатываемости давлением, резанием и др., или как окончательная операция для придания металлу или сплаву такого комплекса механических, физических и химических свойств, который сможет обеспечить заданные эксплуатационные характеристики изделия. Чем ответственнее изделия (конструкция), тем, как правило, в ней больше термически обработанных деталей.

Основными технологическими параметрами термической обработки являются:

- скорость нагрева ( $v_n$ )
- температура нагрева ( $T^{\circ}\text{C}$ )
- время выдержки ( $t$ )
- скорость охлаждения ( $v_{охл}$ )

Любой процесс термической обработки можно описать графиком, показывающим изменение температуры во времени, например:

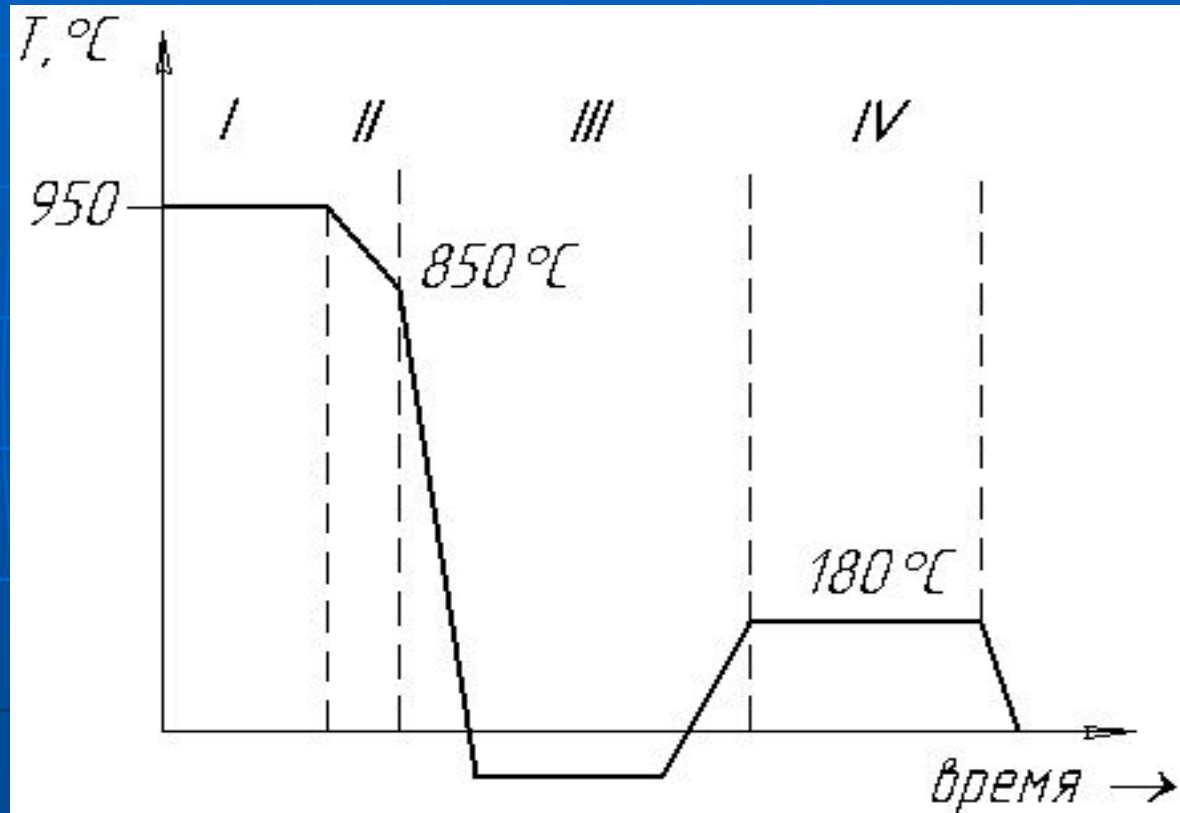


Рис.1. Режим термической обработки низкоуглеродистой стали после цементации.

# Классификация видов ТО по назначению.

- **Закалка** - термическая обработка, целью которой является получение неравновесных структур.
- **Отпуск (старение)** - термическая обработка, целью которой является обеспечение распада неравновесных структур.
- **Отжиг** – термическая обработка, целью которой является приведение структуры сплава в равновесное состояние или близкое к нему. Охлаждение после отжига производится вместе с печью.

Отжиг I рода – совокупность термических обработок, при которых процессы, приводящие сплав в состояние близкое к равновесному проходят независимо от протекания фазовых превращений. К отжигу 1-го рода относятся:

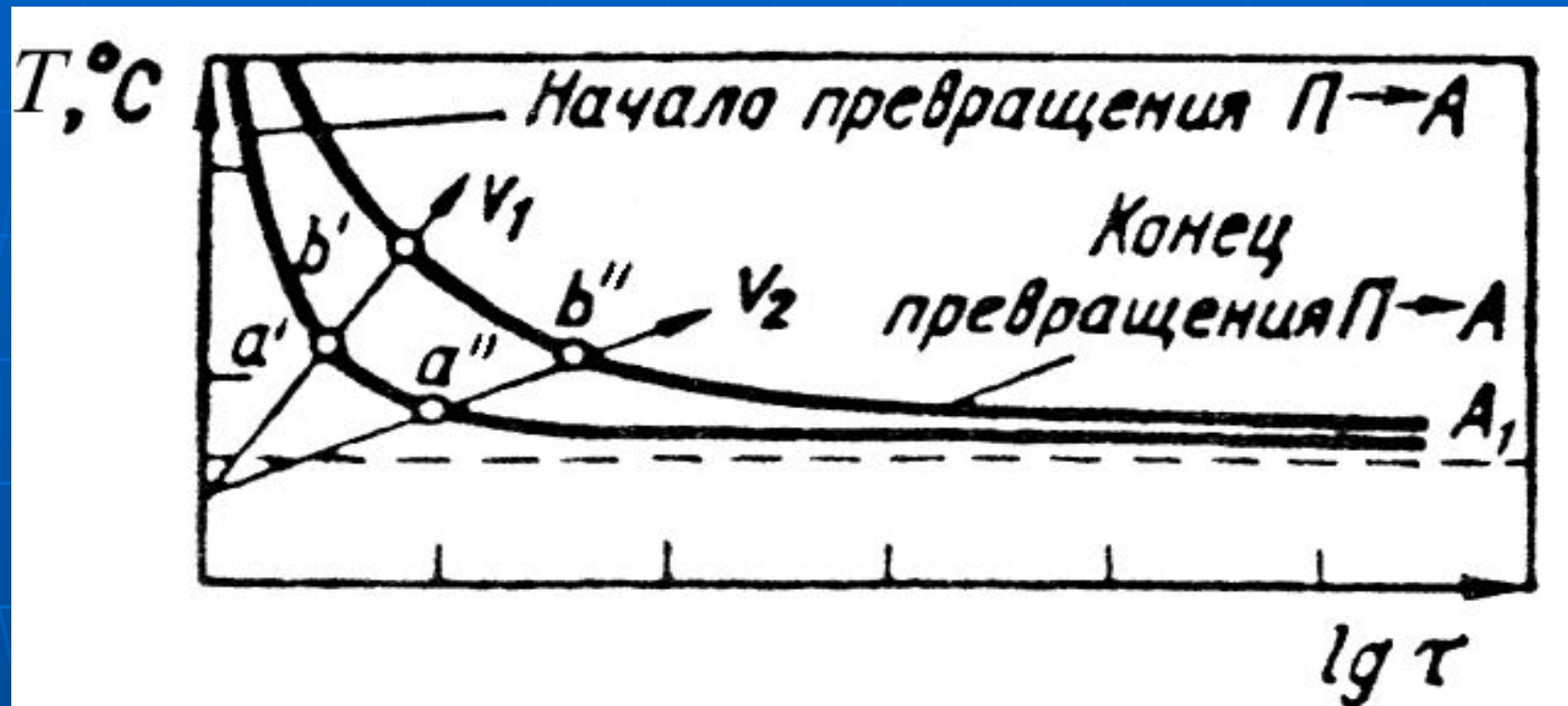
- А). Гомогенизационный отжиг предназначен для устранения дендритных ликваций (химической неоднородности) в слитках, что обеспечивает высокая температура нагрева 1000-11000С.
- Б). Рекристаллизационный отжиг предназначен для снятия наклепа и возвращения пластичности сплаву между операциями холодного деформирования. Нагрев осуществляется на 80-1200С выше температуры рекристаллизации сплава.
- В). Отжиг для снятия остаточных напряжений предназначен для изделий, в которых возникают остаточные напряжения в результате предшествующих обработок (после сварки, обработки резаньем, правки). Температура нагрева 500-6000С.



Отжиг II рода- совокупность термических обработок, при которых процессы, приводящие сплав в состояние близкое к равновесному обеспечиваются прямым и обратным фазовыми превращениями ( $\alpha \leftrightarrow \gamma$ ). К отжигу 2-го рода относятся:

- А). **Полный (перекристаллизационный) отжиг** - термическая обработка, при которой проводится нагрев стали на 30-500С выше АС3 (А<sub>Ст</sub>), выдержка и медленное охлаждение (с печью). Полный отжиг обеспечивает полную фазовую перекристаллизацию, за счет которой устраняются дефекты, связанные с формой, размером зерен и неоднородностью их распределения.
- Б). **Нормализация**- разновидность полного отжига, при котором охлаждение проводится на спокойном воздухе, что способствует измельчению структуры.
- В). **Изотермический отжиг**- разновидность полного отжига, при котором распад аустенита происходит при постоянной температуре (600-6800С), что способствует получению однородной структуры и сокращает длительность процесса.
- Г). **Неполный отжиг**- термическая обработка, при которой проводится нагрев стали на 30-500С выше АС1, выдержка и медленное охлаждение (с печью), предназначенная для улучшения обрабатываемости сталей резанием и сфероидизации цементита.

# ТЕОРИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ. Превращения в сталях при нагреве.



- Рис. 2. Диаграмма изотермического превращения перлита в аустенит эвтектоидной стали:  $a'$ ,  $a''$  — точки начала превращения со скоростями  $v_1$ ,  $v_2$ ;  $b'$ ,  $b''$  — точки конца превращения со скоростями  $v_1$ ,  $v_2$  ( $v_1 > v_2$ )

# Размер аустенитного зерна

**Размер аустенитного зерна** – важнейшая структурная характеристика нагретой стали. От размера зерна аустенита зависит поведение стали в различных процессах термомеханической обработки и механические свойства изделия.

Особенно чувствительна к размеру аустенитного зерна ударная вязкость, которая падает заметно с укрупнением зерна.

По склонности к росту зерна аустенита при нагреве различают :

- **наследственно- мелкозернистые** стали даже при значительном перегреве (1000С ) сохраняют относительно мелкое зерно;
- **наследственно- крупнозернистые** стали начинают быстро увеличивать размер зерен даже при небольшом перегреве выше АС1 (АС3, Асm),

# Склонность к росту зерна стали зависит:


-  от содержания в ней легирующих элементов — почти все легирующие элементы (за исключением марганца) тормозят рост аустенитного зерна. Наиболее сильно тормозят рост аустенитного зерна V, Ti, Al и Zn. Хорошо тормозят рост зерна аустенита W, Mo и Cr. Основной причиной такого действия легирующих элементов считается образование труднорастворимых в аустените карбидов, которые являются барьерами для растущего зерна.
- от ее металлургического качества, технологии ее производства и режима раскисления, так как они определяют наличие в стали разного количества мельчайших примесей карбидов, оксидов, сульфидов и нитридов, также затрудняющих рост зерна. К наследственно-мелкозернистым сталям относятся спокойные стали, дополнительно раскисленные алюминием.

Рис. 8.3. Схема изменения размера зерна в зависимости от температуры нагрева стали:

- а) наследственно мелкозернистые стали;
- б) наследственно крупнозернистые стали

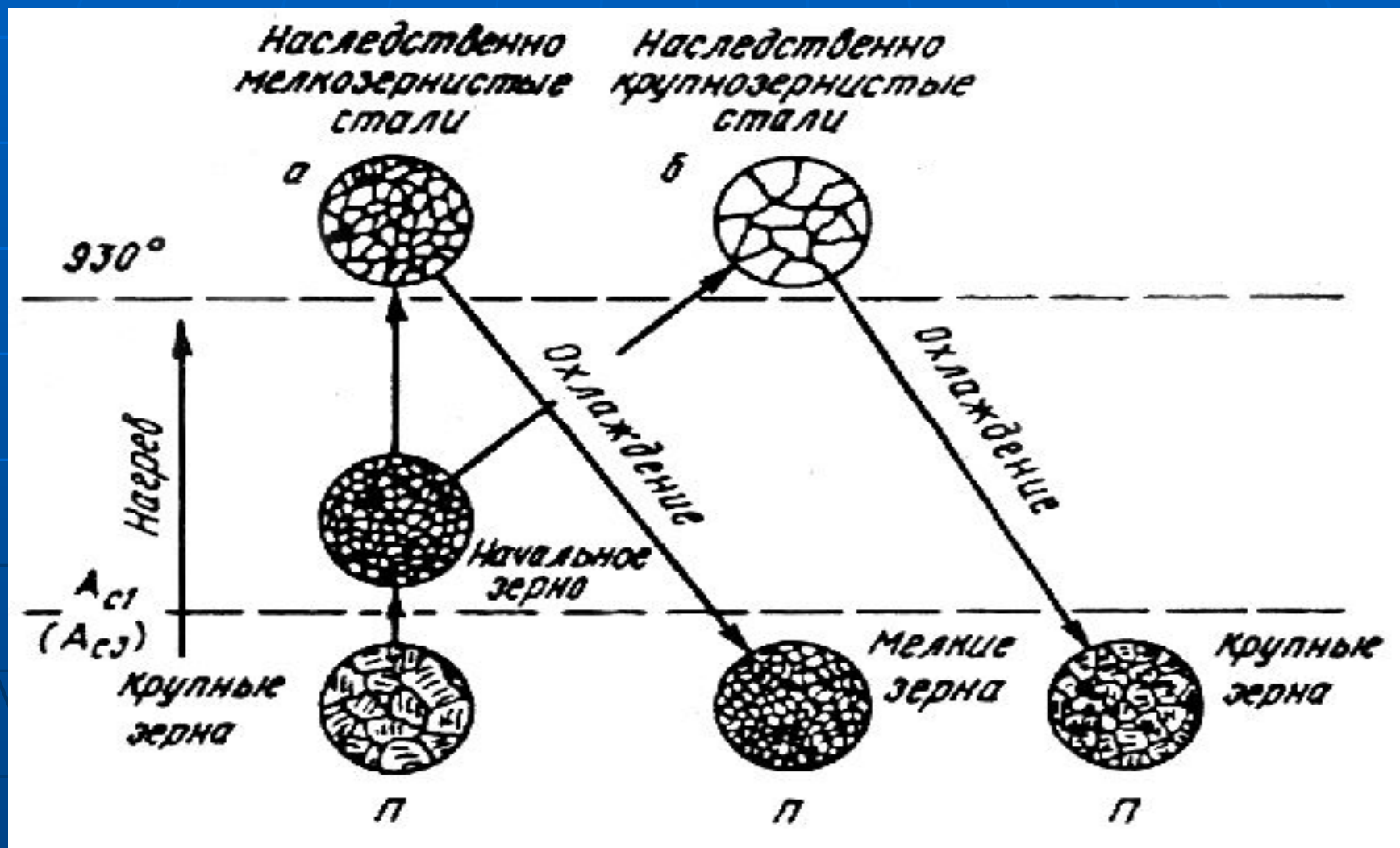
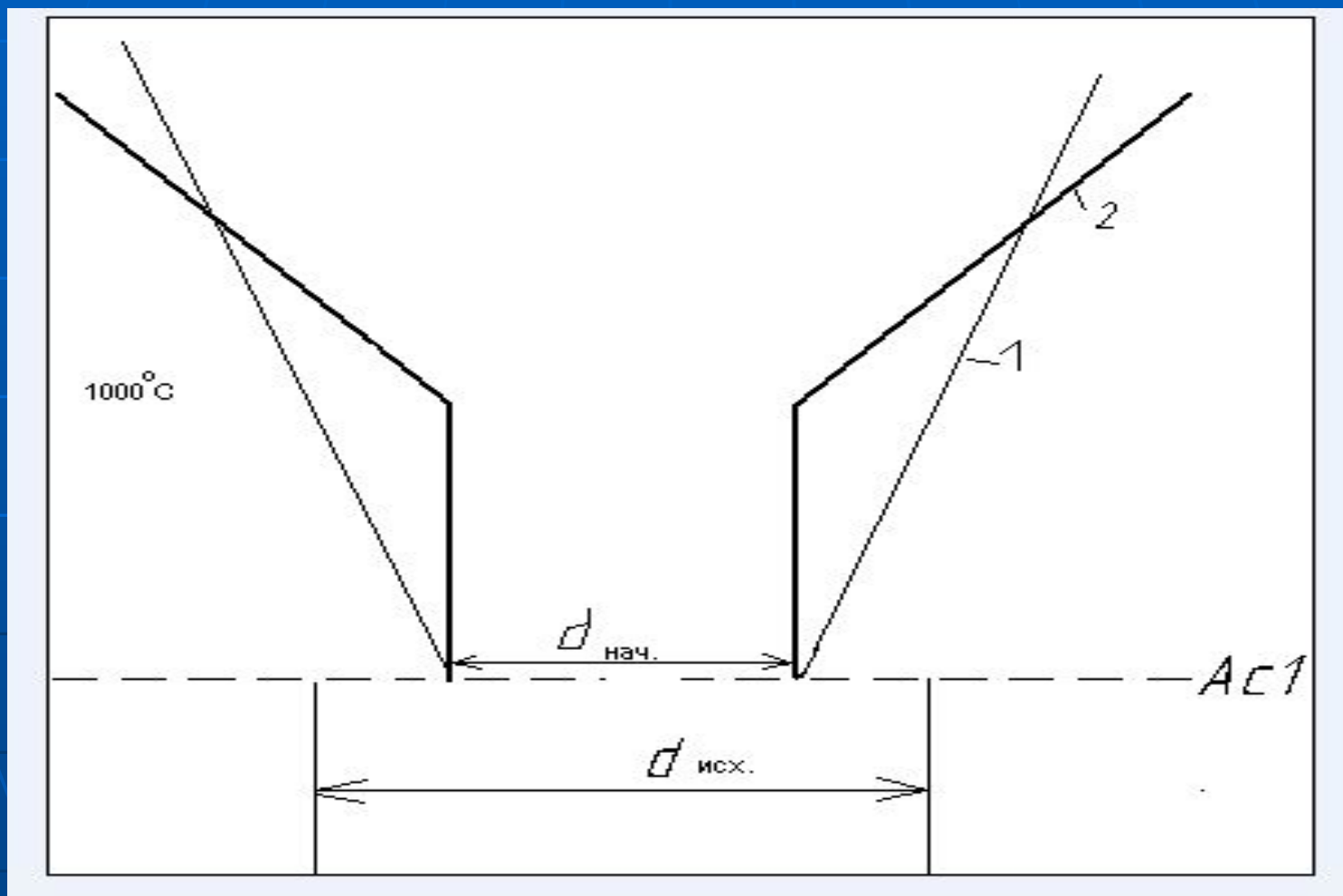


Рис. 4. Схема роста аустенитного зерна при нагреве 1-наследственно-крупнозернистых и 2-наследственно-мелкозернистых сталей.



**Размер действительного зерна** — величина зерна при комнатной температуре, полученной в результате всех предшествующих обработок. Величину зерна определяют по ГОСТ 5639–82 сравнением микроструктуры стали при увеличении в 100 раз с эталонными шкалами, приведенными на рис. 5.

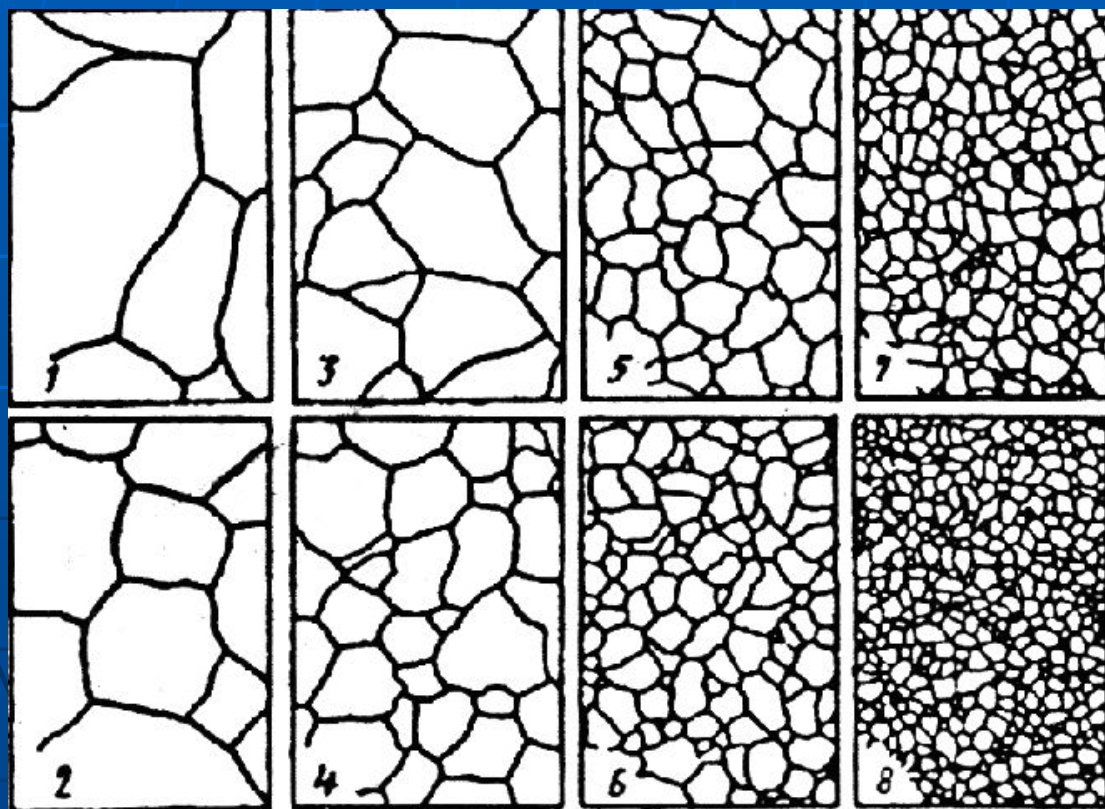


Рис. 5.  
Эталонная шкала  
баллов для  
оценки размера  
зерна стали

Размер зерна оценивается баллами. Балл зерна прямо пропорционален числу зерен, помещающихся на 1 мм<sup>2</sup> шлифа, и обратно пропорционален среднему диаметру зерна.

$$n = 8 \cdot 2^{(N+3)}$$

где  $n$  - число зерен, помещающихся на 1 мм<sup>2</sup> шлифа,  $N$  - балл зерна. Условно принято считать, что стали с зерном от 1 до 5 балла относятся к крупнозернистым сталям, а с более высоким баллом зерна (№ 6–15) — к мелкозернистым.

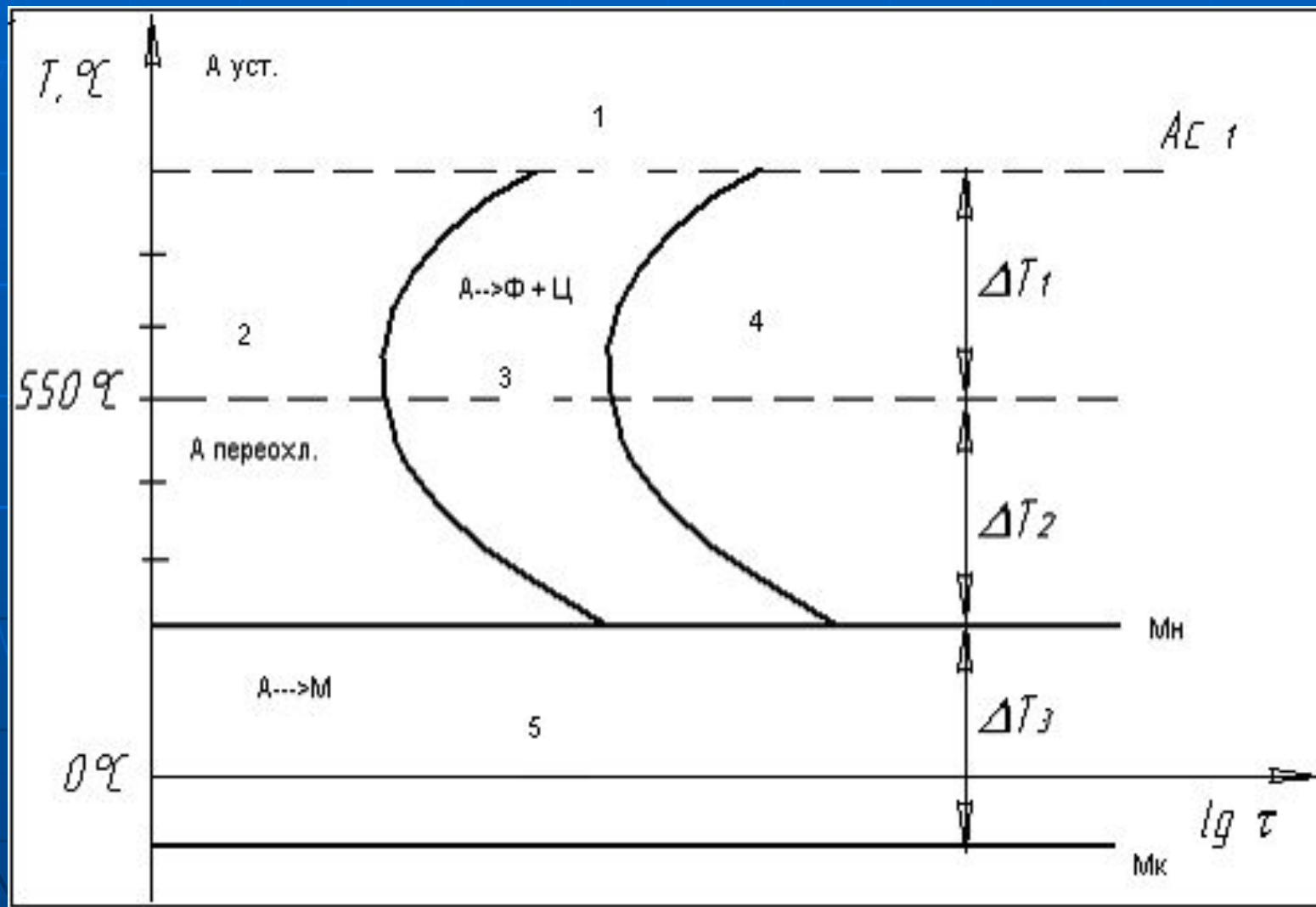


# Превращения в сталях при охлаждении.

Основное превращение, протекающее во время охлаждения эвтектоидной стали, — это распад аустенита ниже точки  $A_1$  (727 C) на смесь феррита с цементитом

**Диаграмма изотермического превращения** представляет собой результат обобщения многочисленных данных исследований превращений аустенита при постоянных температурах. Диаграммы изотермического превращения называют за сходство кривых с буквой «С» также С-диаграммами, а в странах английского языка — ТТТ-диаграммами (temperature—time—transformation, что означает температура—время—превращение).

Рис. 6. Диаграмма изотермического превращения аустенита углеродистой стали с 0,8% С.



# На диаграмме можно выделить следующие области:

- 1) область существования устойчивого аустенита (для стали, содержащей 0,8 % С, выше АС1);
- 2) область переохлажденного аустенита;
- 3) область распада аустенита на феррито-цементитную смесь ( область между С-образными кривыми);
- 4) область существования продуктов распада. ;
- 5) область мартенситного превращения (между Мн–Мк).

В зависимости от степени переохлаждения аустенита различают три температурные области превращения:

$\Delta T_1$ - область перлитного (диффузионного) превращения (переохлаждение до  $550^\circ\text{C}$ ),

$\Delta T_2$ - область промежуточного (бейнитного) превращения (переохлаждение для эвтектоидной стали в интервале от  $550$  до  $240^\circ\text{C}$ ),

$\Delta T_3$ - область мартенситного (бездиффузионного) превращения (переохлаждение ниже  $M_n$  — для эвтектоидной стали ниже температуры  $240^\circ\text{C}$ ).

Структуры, образующиеся при диффузионном превращении аустенита.

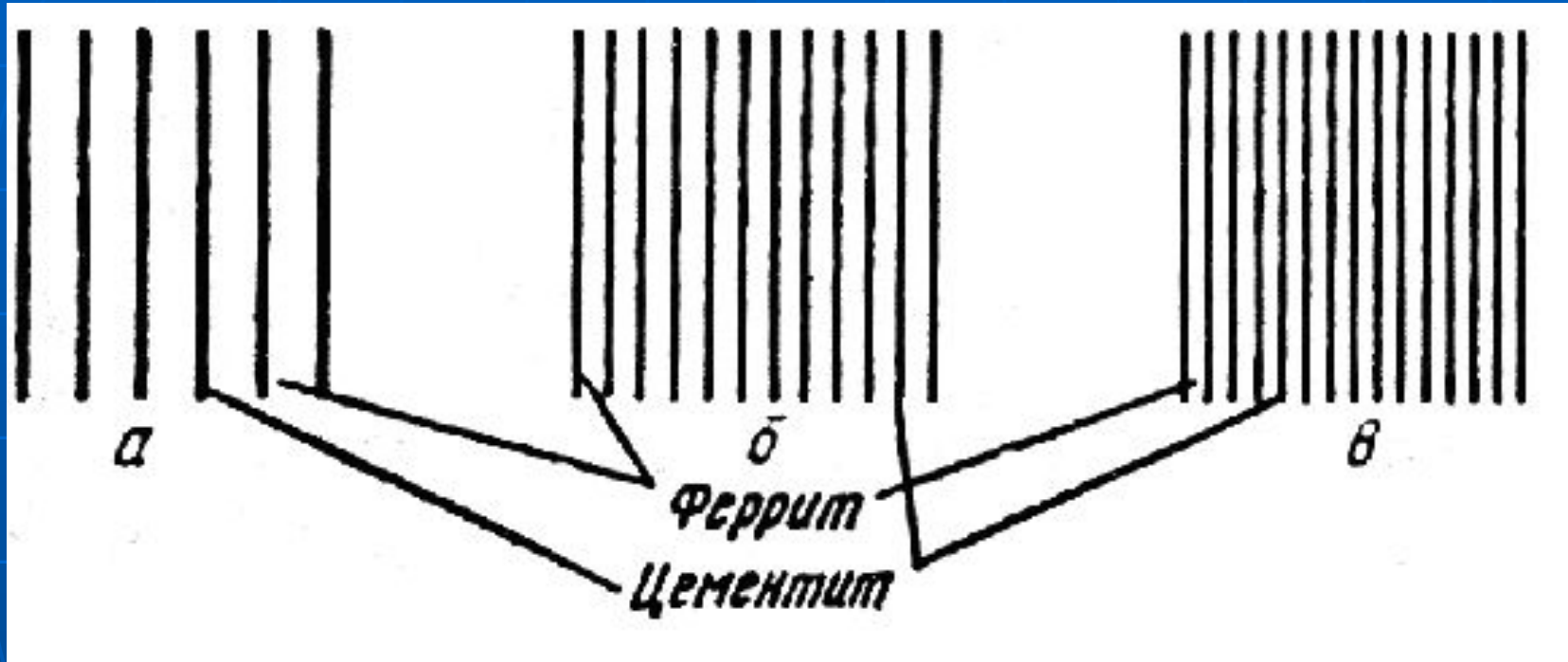
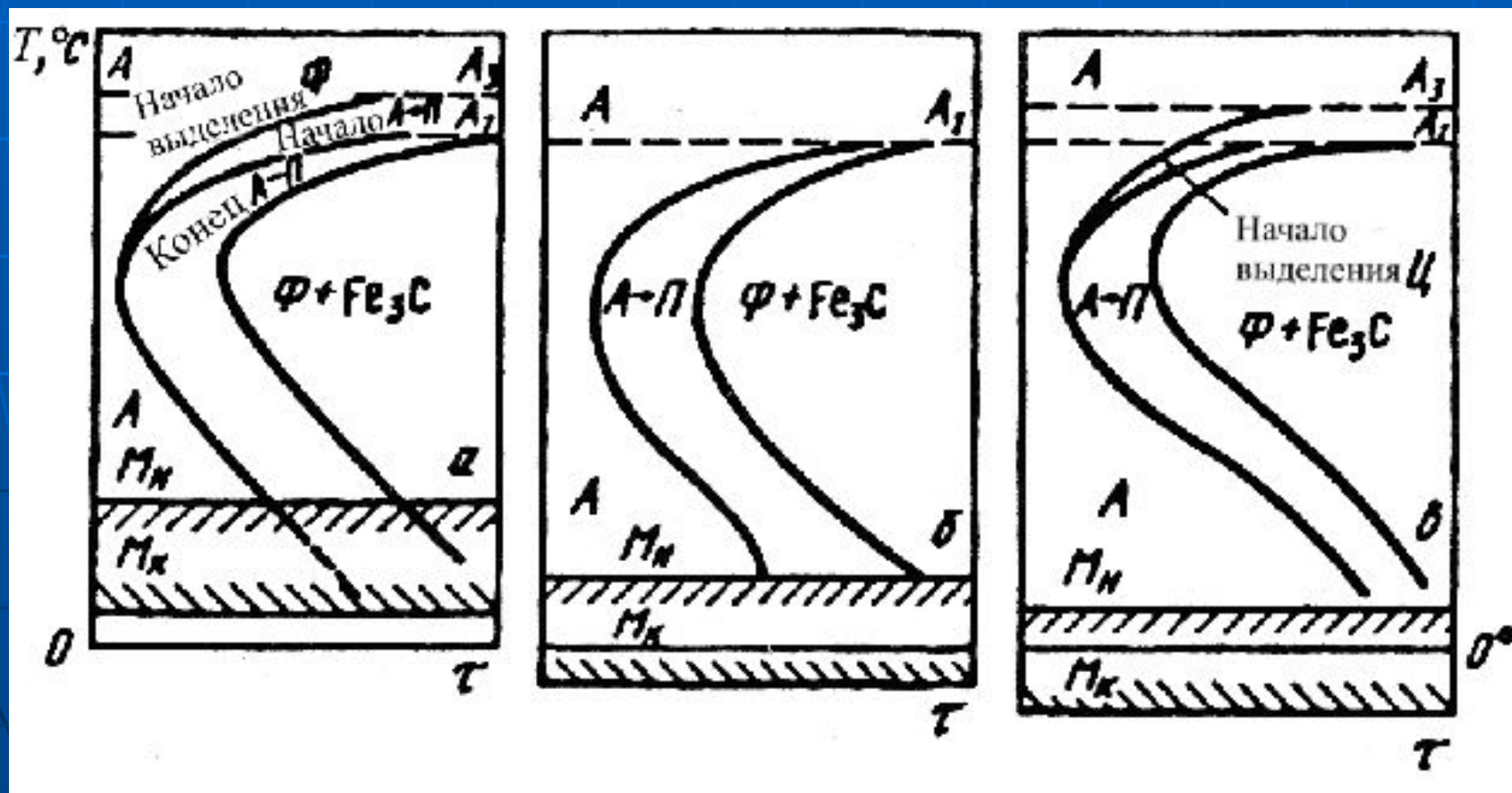


Рис.7.Схема феррито-цементитных структур:

а) перлит; б) сорбит; в) троостит

Рис. 8. Схемы диаграммы изотермического превращения переохлажденного аустенита:  
а) доэвтектоидная сталь; б) эвтектоидная сталь;  
в) заэвтектоидная сталь



# Мартенситное превращение.

**Мартенсит** - пересыщенный твердый раствор внедрения углерода в  $\alpha$ -железе. Имеет высокую твердость (до 65 HRC), скорость образования кристаллов мартенсита очень велика и достигает 1000 м/с.

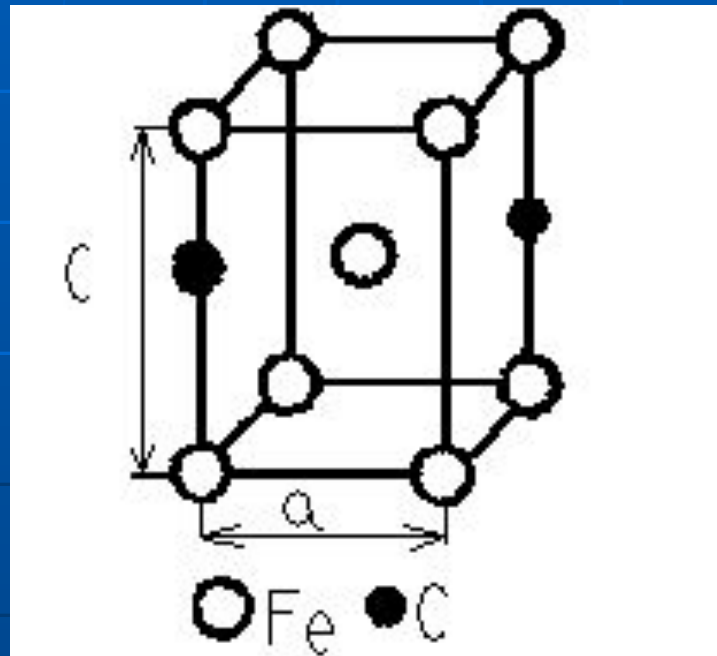


Рис. 9. Тетрагональная кристаллическая ячейка

Рис. 10. Влияние содержания углерода в стали на температуру начала  $M_n$  и конца  $M_k$  мартенситного

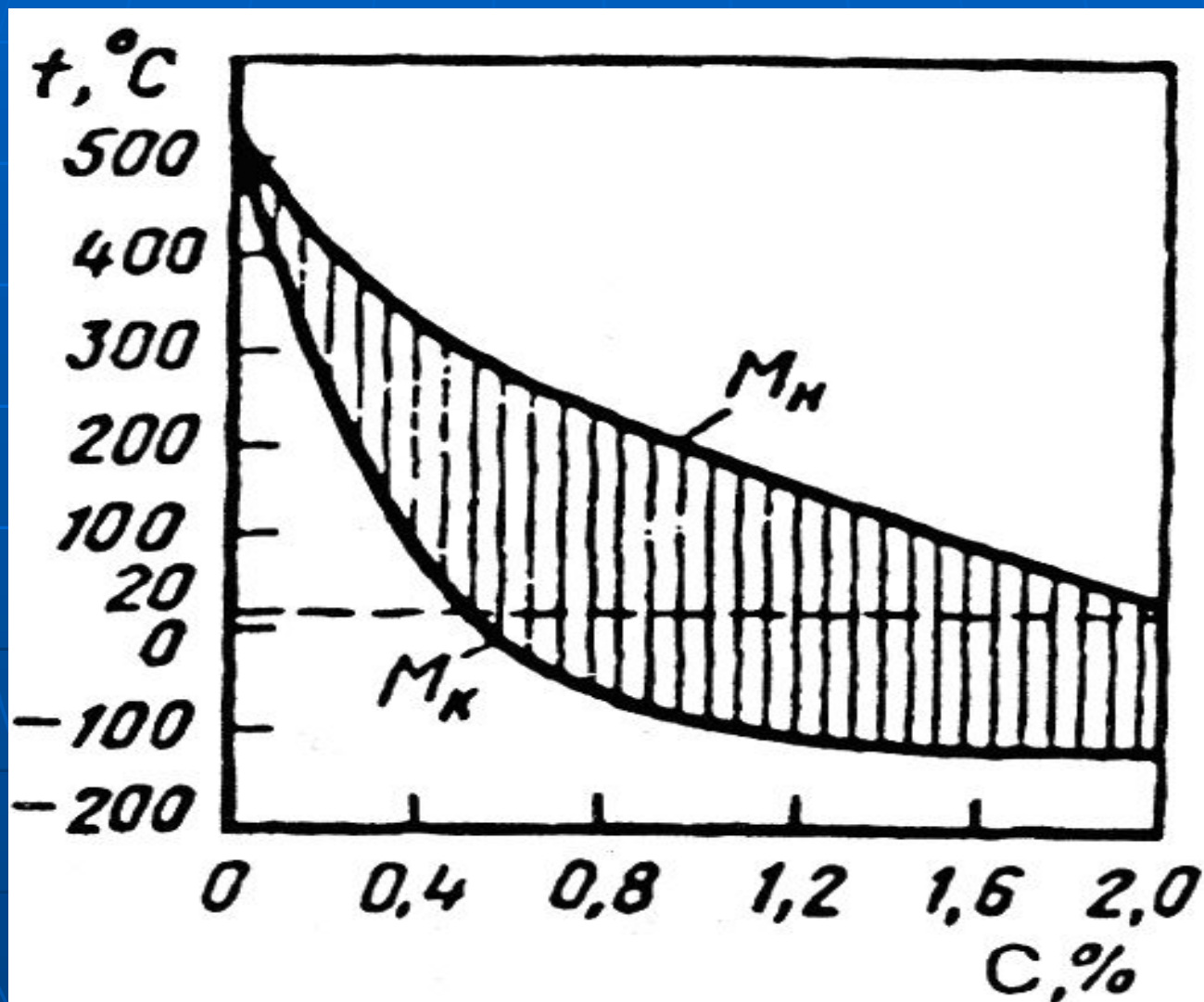
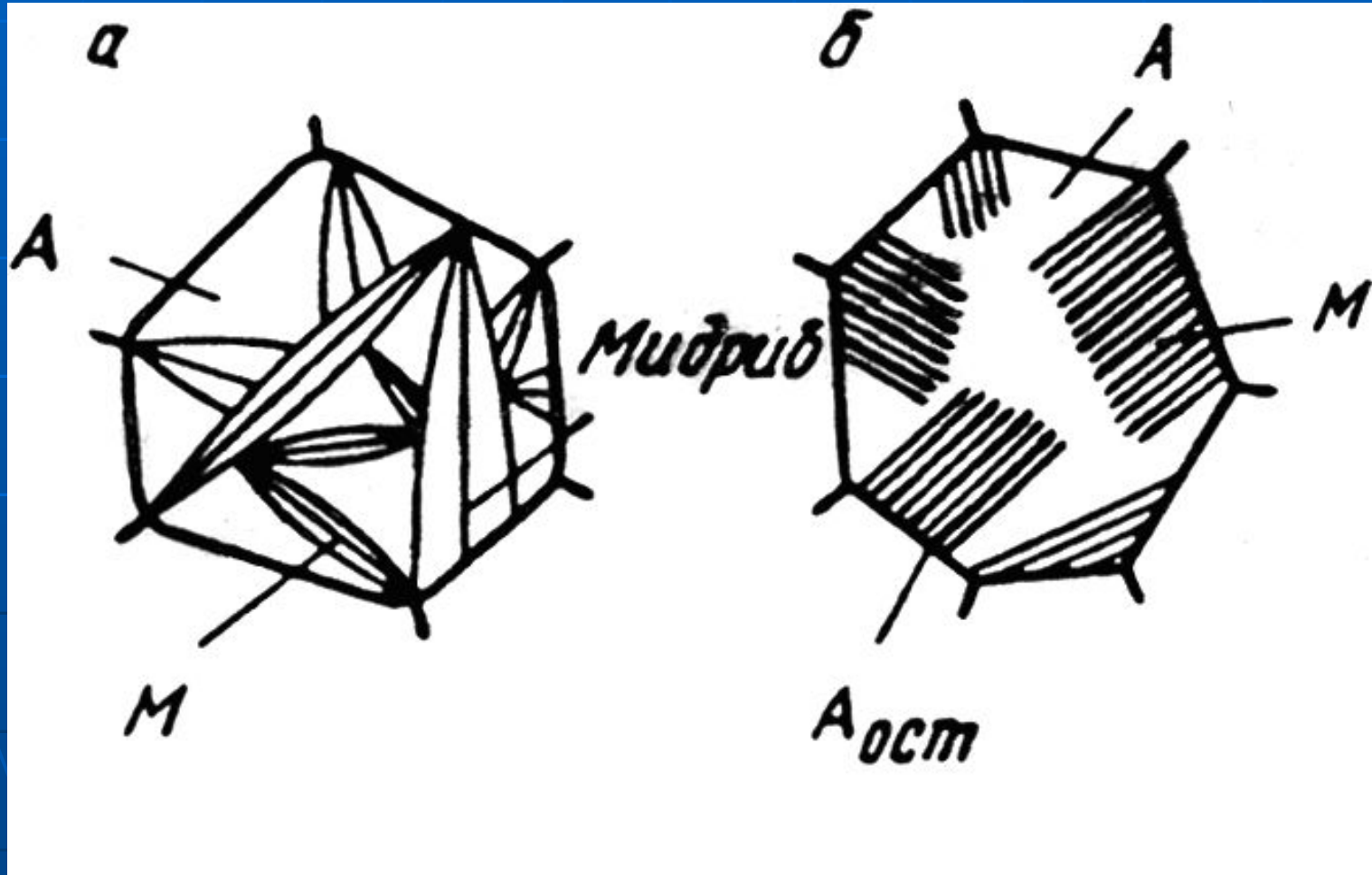




Рис. 11. Схема образования пластинчатого (игольчатого) (а) и пакетного (реечного) (б) мартенсита



# Превращение аустенита при непрерывном охлаждении.

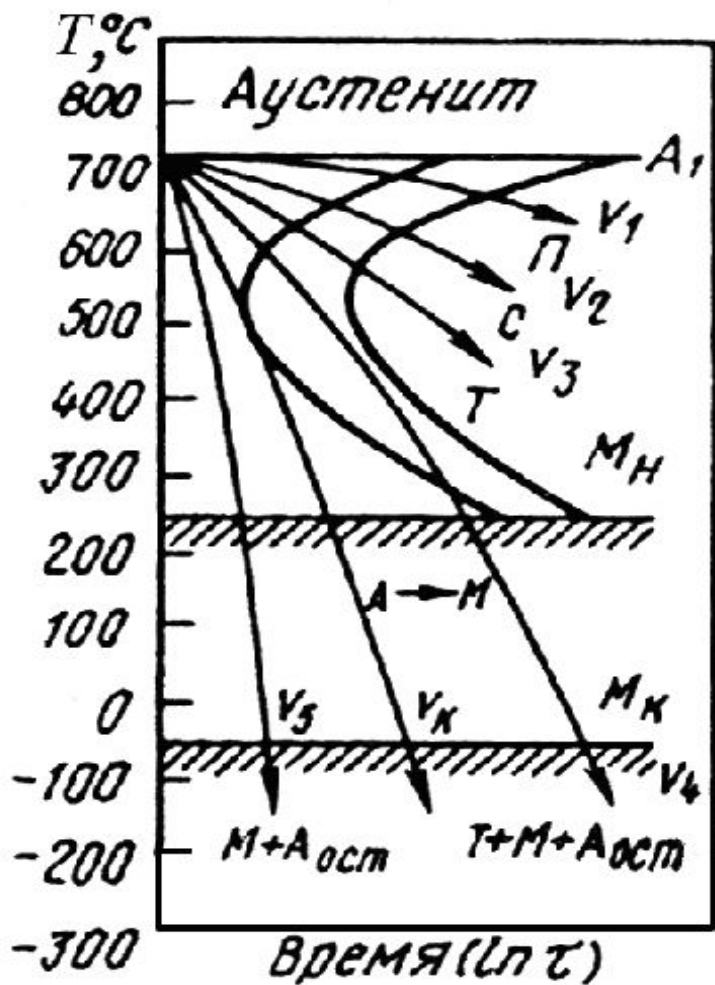


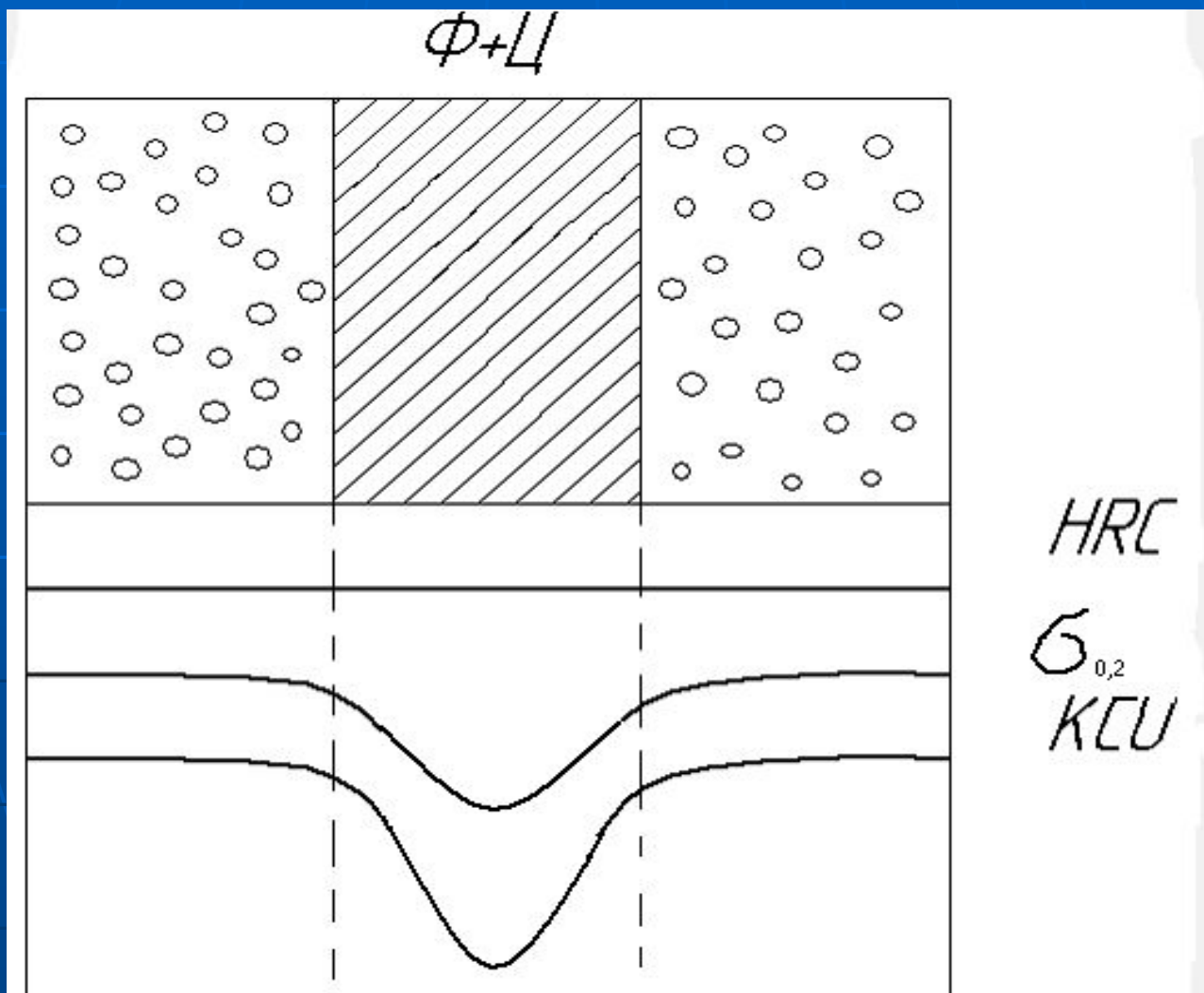
Рис. 12. Наложение кривых охлаждения на диаграмму изотермического распада.

# Преобразования при отпуске

## **Этапы распада мартенсита:**

- **Нагрев до 200С:** диффузия углерода из пересыщенной решетки мартенсита только начинается и по границам мартенситных кристаллов образуются  $\epsilon$  – карбиды ( $Fe_3C$ ). Уменьшаются степень тетрагональности решетки мартенсита и остаточные напряжения. Такая структура называется **мартенситом отпуска**.
- **Нагрев до 350С:** диффузия углерода протекает интенсивнее,  $\epsilon$  – карбид присоединяет недостающий углерод и превращается в цементит ( $Fe_3C$ ). Одновременно происходит превращение аустенита остаточного в мартенсит отпуска и он распадается на феррито-цементитную смесь.
- **Нагрев до 450С:** сфероидизация цементита и завершению диффузии избыточного углерода. Формируется структура, состоящая из феррита и мелкодисперсного цементита, называемая **трооститом отпуска**.
- **Нагрев выше 450С (до 650С):** изменение морфологии фаз, укрупнение зерен феррита и цементита и дополнительная сфероидизация карбидных включений. Движущая сила этих процессов – уменьшение свободной энергии системы за счет уменьшения поверхностной энергии, такая структура называется **сорбитом отпуска**.

Рис.13. Схема, показывающая влияние глубины заделки на механические свойства закаленной и отпущенной стали.



Понижение коэффициента ударной вязкости при указанных температурах отпуска называется **отпускной хрупкостью I и II рода**.

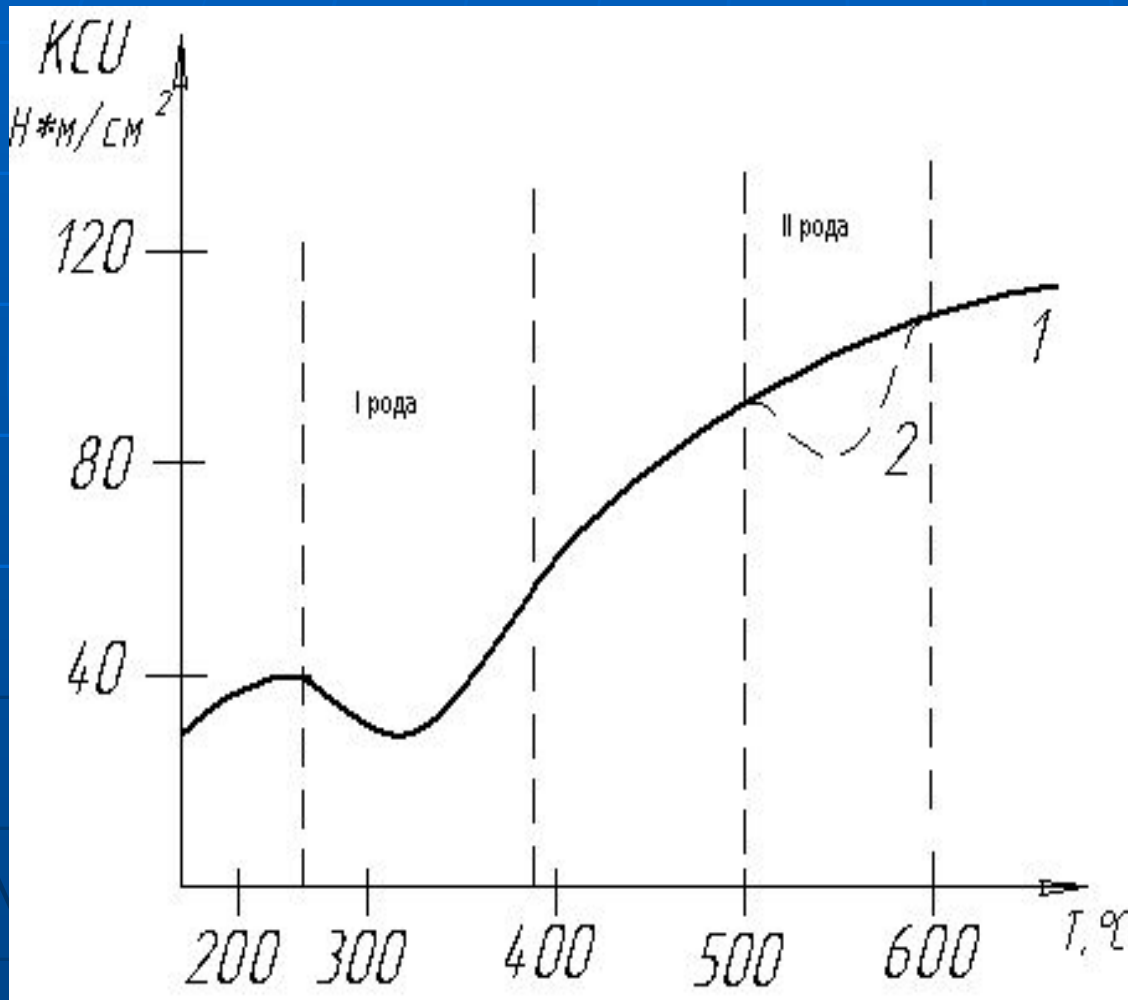


Рис.14. Влияние температуры отпуска и скорости охлаждения на ударную вязкость конструкционных сталей (1 - быстрое охлаждение, 2 - медленное охлаждение).

**Отпускная хрупкость I рода** (необратимая) не устраняется повторным отпуском, поэтому следует избегать проведения отпуска при температурах ее проявления. Отпускная хрупкость I рода наблюдается у всех конструкционных сталей независимо от степени легирования.

**Отпускная хрупкость II рода** (обратимая) наблюдается в легированных сталях при медленном охлаждении. Её причиной считают выделение дисперсных фаз легирующих элементов по границам  $\alpha$ -фазы и диффузию фосфора к границам зерен. Предотвратить отпускную хрупкость II рода можно путем ускоренного охлаждения в масле или воде после отпуска. Альтернативный путь - микролегирование молибденом или вольфрамом, которые связывают легирующие элементы, не давая им выделяться в виде хрупких частиц по границам зёрен.

# ПРАКТИКА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.

Температура нагрева под закалку для сталей большинства марок определяется положением критических точек  $A_1$  и  $A_3$ . Углеродистые доэвтектоидные стали нагревают на 30-50 °C выше  $A_3$ , такая закалка называется **полной**. Углеродистые стали с содержанием углерода более 0,8% подвергают **неполной закалке**, т.е. нагревают на 30-50 °C выше  $A_1$ .

Заэвтектоидные стали не закалывают из равновесного состояния, для них необходима *предварительная термическая обработка*: как минимум – нормализация, с целью устранения объемной сетки вторичного цементита, либо сфероидизирующий отжиг, с целью формирования карбидов зернистой формы.

*Закаливаемость сталей* – способность сталей повышать твердость в результате закалки, зависит главным образом от содержания углерода в стали. Чем больше в мартенсите углерода, тем выше его твердость.

*Прокаливаемость* - способность стали приобретать структуру закаленного слоя на определенную глубину. Прокаливаемость определяется критической скоростью охлаждения. Чем меньше критическая скорость закалки, тем выше прокаливаемость стали. Если действительная скорость охлаждения в сердцевине изделия будет меньше критической скорости закалки, то в сердцевине произойдет диффузионный распад аустенита на феррито-карбидную смесь пластинчатого строения и прокаливаемость будет не полной.



# Способы закалки сталей.

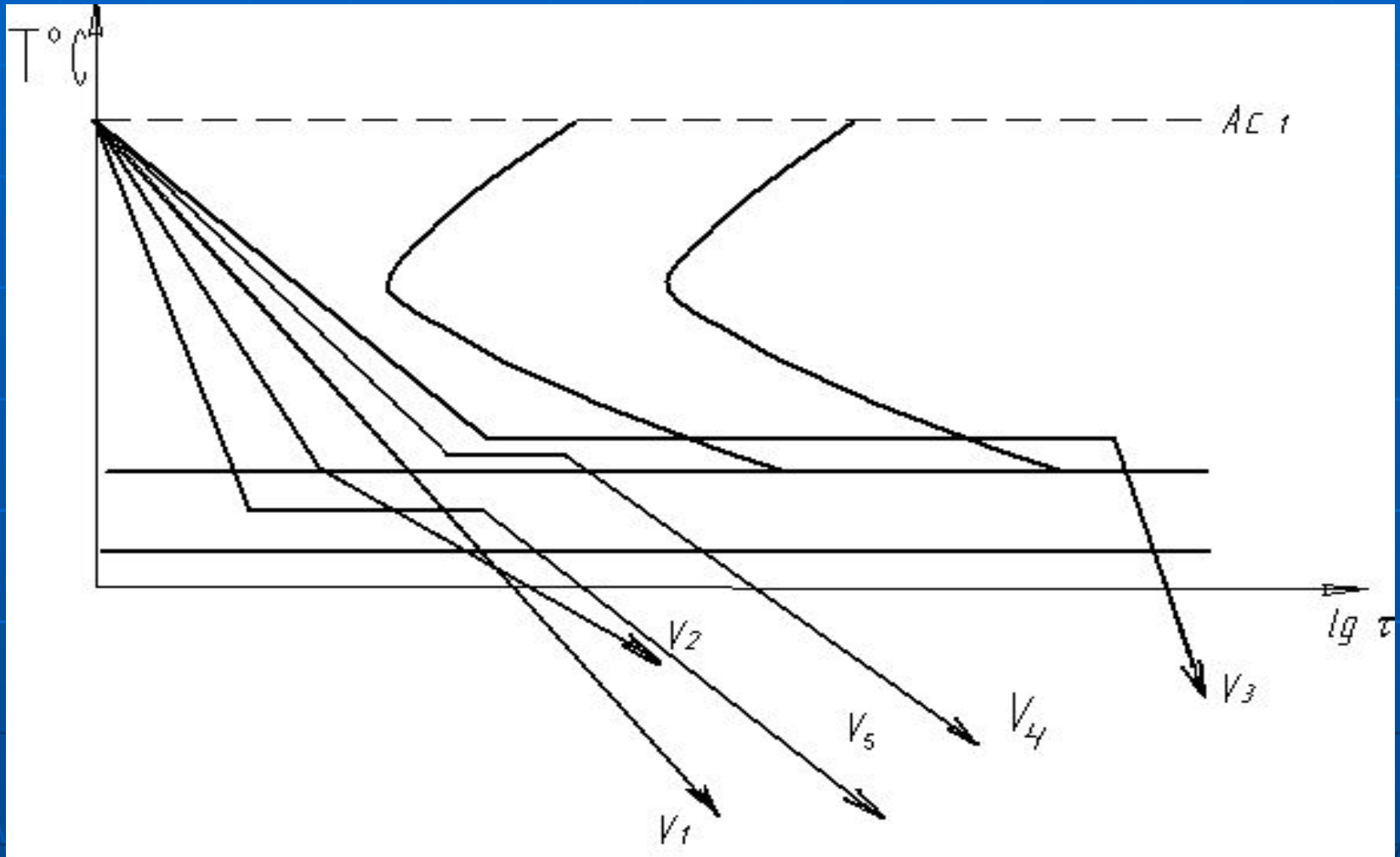


Рис. 15. Кривые охлаждения для различных способов закалки.

- **Закалка в одном охладителе (кривая V1)** – наиболее простой и широко используемый способ закалки, однако он применим только для изделий несложной формы.
- **Закалка в двух средах (кривая V2)** обычно применяется для инструмента из высокоуглеродистых сталей. Первое охлаждение проводится в воде, а затем деталь переносят в масло и в интервале мартенситного превращения деталь охлаждается медленнее, что способствует уменьшению внутренних напряжений.
- **Изотермическая закалка (кривая V3)** предполагает изотермический распад аустенита при температуре немного выше  $M_n$ . В этом случае формируется структура нижнего бейнита, которая при достаточной прочности обладает повышенной вязкостью.
- **Ступенчатая закалка (кривая V4)** предполагает охлаждение и выдержку в среде, имеющей температуру немного выше  $M_n$ . В это время деталь приобретает температуру закалочной ванны во всех точках сечения, т.е. снижается градиент температур по сечению изделия. Затем следует окончательное медленное охлаждение, при котором и происходит превращение аустенита в мартенсит. Такой способ закалки уменьшает внутренние напряжения, увеличивает прокаливаемость и снижает вероятность закалочных деформаций.
- **Закалка в горячих средах (V5)** предполагает точное сохранение размеров изделия (например- шаг резьбы), что достигается путем выдержки изделий при температуре ниже  $M_n$ . В этом случае аустенит частично стабилизируется и после окончательного охлаждения его количество увеличивается по сравнению с непрерывным охлаждением.

# Особенности термической обработки легированных сталей.

**ЛЭ группы Ni** - Mn, Co, C, N понижают критические точки Ac1 и Ac3.

**ЛЭ группы Cr** – Cr, W, V, Mo, Ti, Nb, Zr повышают эти критические точки.

Рис.16. Диаграмма изотермического превращения переохлажденного аустенита для высокохромистых коррозионностойких сталей.

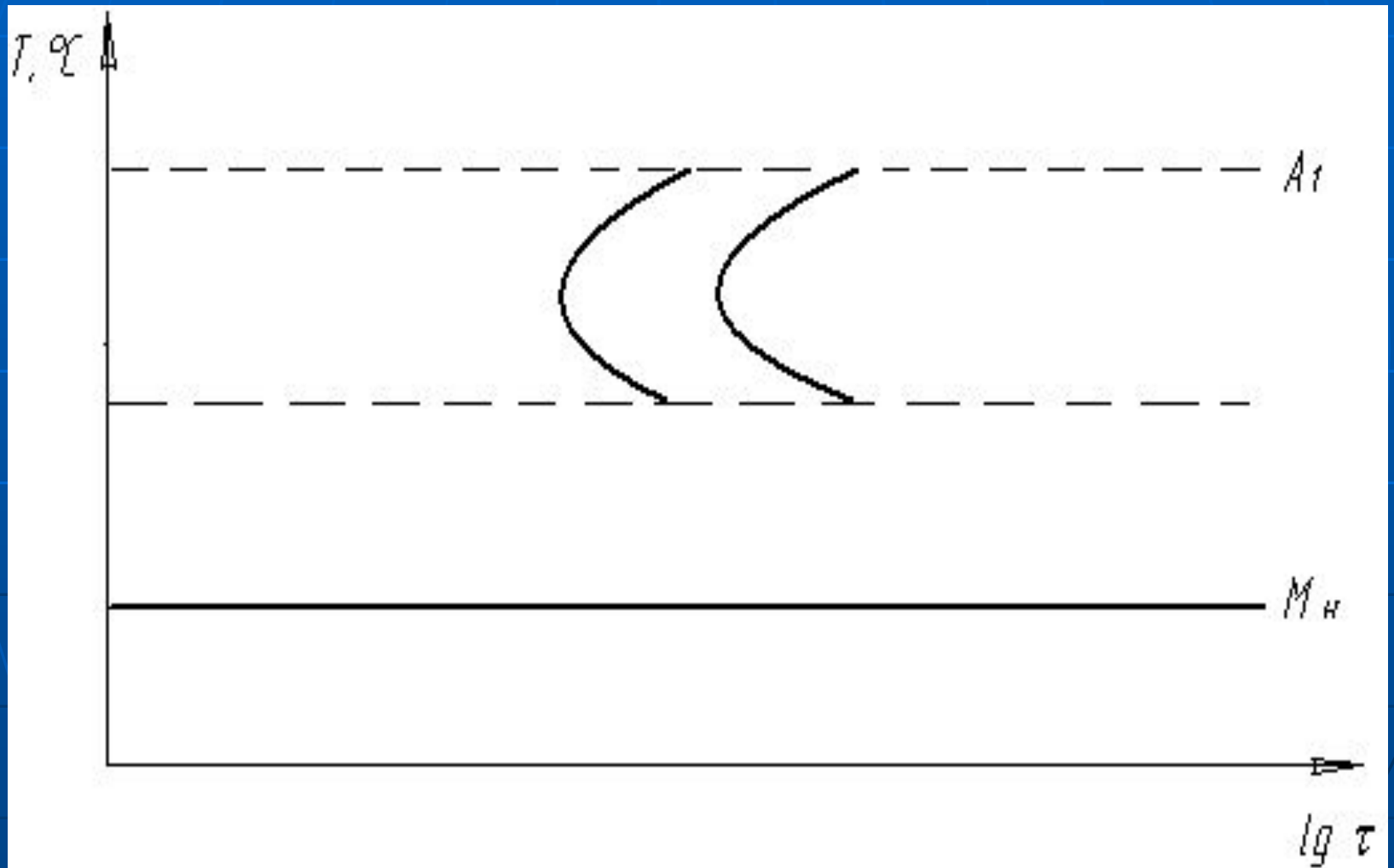


Рис 17. Диаграмма изотермического превращения переохлажденного аустенита для высоколегированных инструментальных сталей.

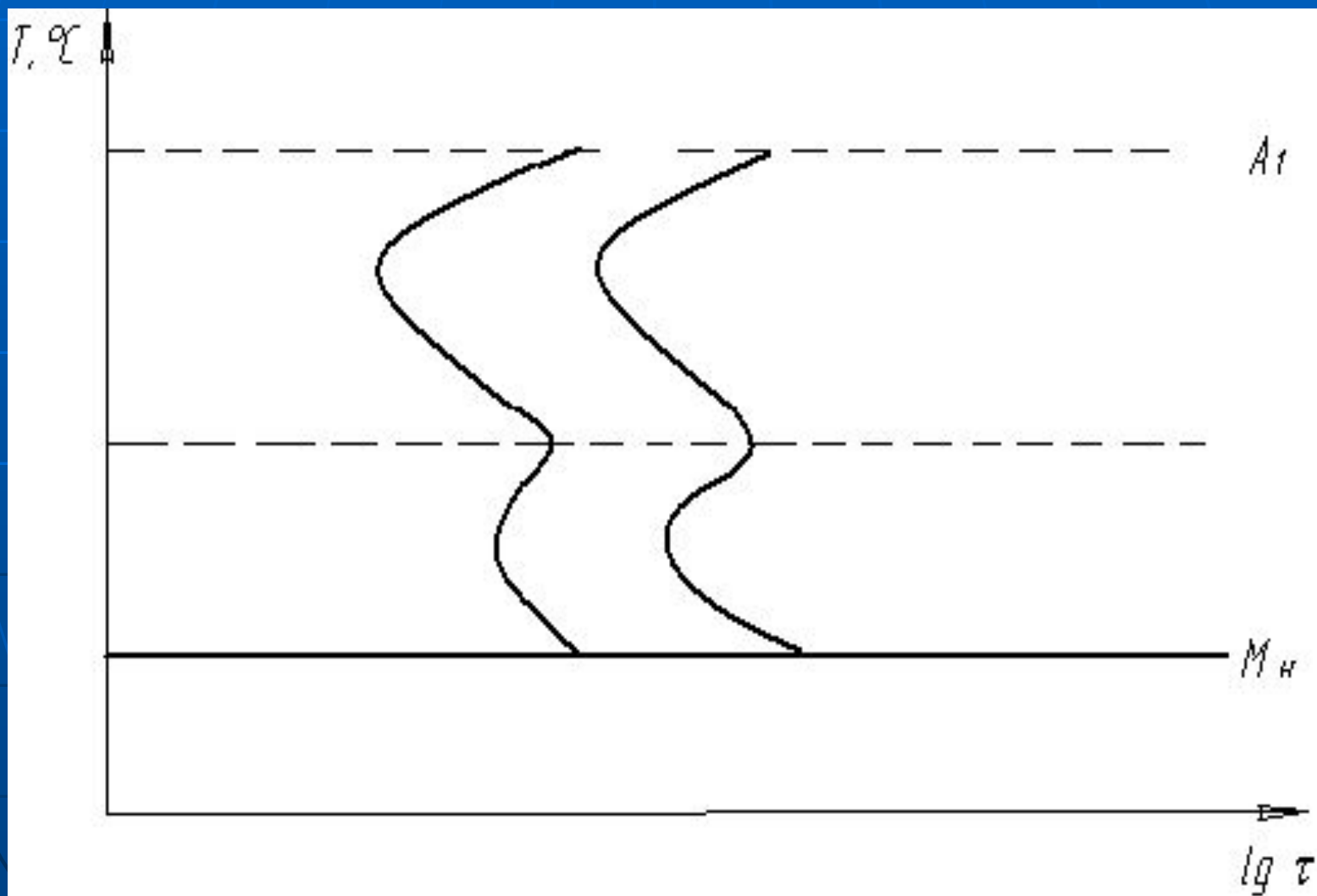
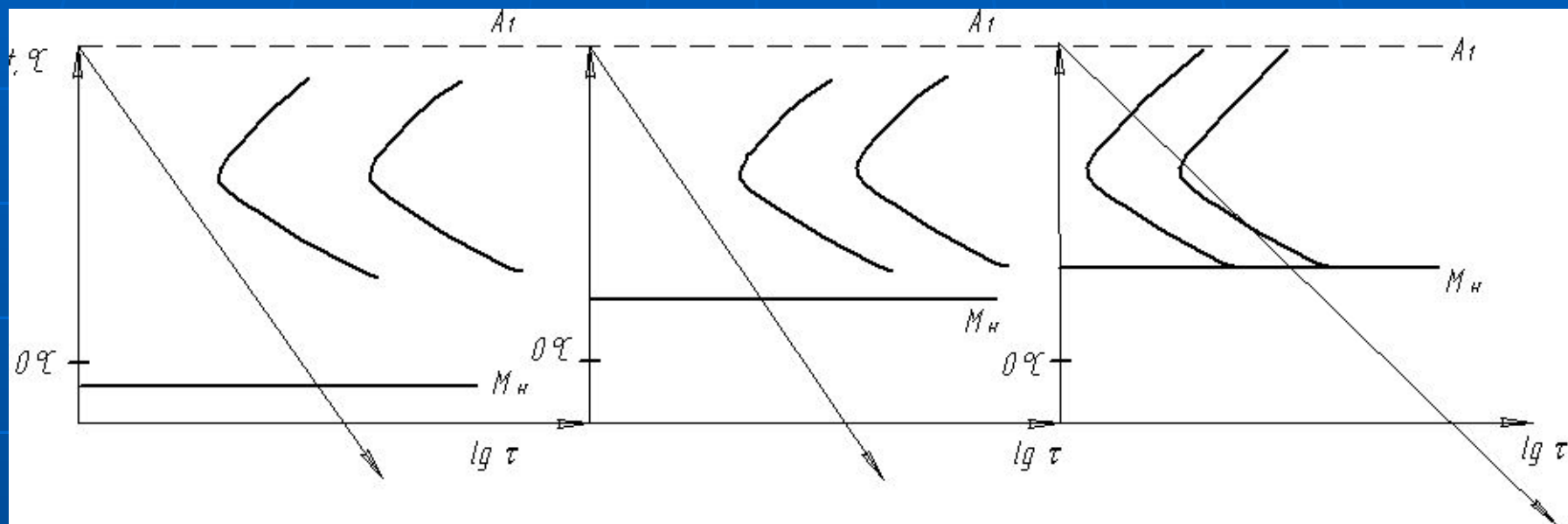


Рис. 18. Диаграммы изотермического превращения переохлажденного аустенита для легированных сталей и нанесенными на них кривыми охлаждения на воздухе.



Легированные стали в нормализованном состоянии подразделяются на 3 класса:

1. Перлитный (рис.18.в)
2. Мартенситный (рис.18.б)
3. Аустенитный (рис.18.а)

# МОДУЛЬ 6

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СТАЛИ.  
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.  
ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

# КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ СТАЛИ

**Коррозия** – разрушение металла под воздействием окружающей среды. В зависимости от характера физико-химического воздействия среды различают:

1. **химическую коррозию**, обусловленную воздействием сухих газов и жидкостей, не являющихся электролитами;
2. **электролитическую коррозию**, обусловленную воздействием электролитов.



# Химическая коррозия

- **Химическая коррозия** – это чаще всего окисление металлов в газовой среде, усиливающееся при повышении температуры. Защита от окисления металлов основана на образовании защитной окисной плёнки на поверхности. Плёнка должна быть прочной, хорошо сцепляться с поверхностью металла, а главное быть сплошной. Материал будет стоек к химической коррозии, если объём образующегося окисла больше объёма металла его образовавшего. Это и есть условие сплошности плёнки окисла.

# Электрохимическая коррозия

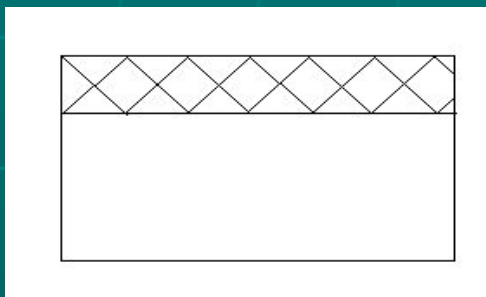
**Электрохимическая коррозия** – наиболее распространённый вид коррозии. Разнородные металлы (или участки различных фаз в сплавах), контактируя с электролитом, образуют гальванический элемент. Металл, имеющий более низкий потенциал (анод) отдаёт ионы в электролит и растворяется (корродирует). Чем ниже электродный потенциал металла по отношению к стандартному водородному потенциалу, тем ниже его коррозионная стойкость.

Рис. 1 Основные разновидности электрохимической коррозии (схемы) и их относительное влияние на прочность листового дуралюминия (графики):

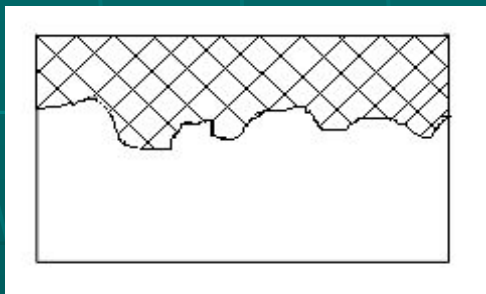
а). равномерная коррозия; б). местная коррозия;

в). межкристаллитная коррозия.

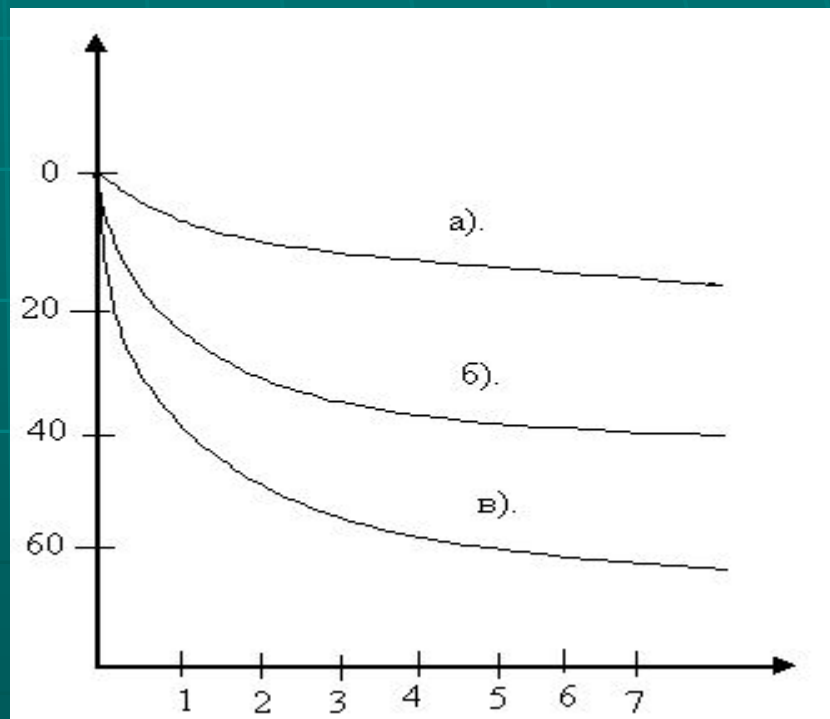
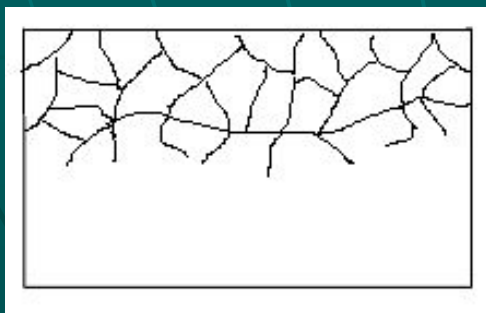
а



б



в



Потеря массы  $\Delta m$  (мг/см<sup>2</sup>) с единицы площади поверхности

# ЖАРОСТОЙКИЕ И ЖАРОПРОЧНЫЕ СТАЛИ.

Способность материала сопротивляться химической коррозии при высоких температурах называется **жаростойкостью**.

Способность материала сопротивляться деформации и разрушению при высоких температурах называется **жаропрочностью**. Жаропрочность в сталях достигается легированием тугоплавкими элементами (хром, ванадий, вольфрам, молибден). Эти элементы затрудняют диффузионные процессы и повышают температуру рекристаллизации. Жаропрочностью обладают также хромоникелевые стали аустенитного класса (диффузия в плотноупакованной решетке ГЦК существенно затруднена).

# Инструментальные стали

Общим для всех инструментальных сталей является повышенное содержание углерода, обеспечивающее их прочность, твердость, износостойкость.

**По назначению** они делятся на стали:

- для режущего инструмента;
- штамповочного инструмента;
- измерительного инструмента.

# Стали для режущего инструмента

Стали для режущего инструмента различают по **теплостойкости** – способности сохранять твердость при нагреве:

- низкой теплостойкости (углеродистые и инструментальные стали У7 ... У13) для инструмента, не испытывающего нагрева ( $T < 2000^{\circ}\text{C}$  напильники, зубила, топоры);
- полу теплостойкими являются среднелегированные стали (9Х5ВФ, 3Х4В3М3Ф2) с теплостойкостью до  $4000^{\circ}\text{C}$ ;
- теплостойкие стали сохраняют свои режущие свойства при температурах до  $6000^{\circ}\text{C}$  (быстрорежущие стали Р18, Р9, Р6М5).

# Стали для штампового инструмента

Стали для штампового инструмента делят на стали:

- для холодного деформирования (отличаются повышенным содержанием углерода X6BФ, X12, X12M, XBГ);
- для горячего деформирования (5XHM, 4XMФC, 3X2B2Ф, 4X2B5MФ как правило среднеуглеродистые, легированные хромом, молибденом, вольфрамом, ванадием).

# Стали для измерительного инструмента

Стали для измерительного инструмента должны обладать высокой твердостью, износостойкостью, стабильностью формы и размеров (У8 ... У12, Х, ХГС, ХГВ, 9ХС).



# МЕДНЫЕ СПЛАВЫ.

- **Медь** – металл с ГЦК решеткой, высоким удельным весом (8,95 г/см<sup>3</sup>), температурой плавления 10830С. Это пластичный материал с высокой электро- и теплопроводностью, низкой твердостью и прочностью. Обладает высокой коррозионной стойкостью  
Медь широко применяют как основу конструкционных сплавов: латуней и бронз.

**Латунь** – двойной или многокомпонентный сплав меди, где основным легирующим элементом является цинк. Латунь подразделяют на **деформируемые** и **литейные** по способу получения заготовок и изделий.

Деформируемые отличаются меньшим количеством легирующих элементов и обладают высокой прочностью наряду с достаточной прочностью. Из них изготавливают трубы, проволоку, профили, листы. Литейные латуни применяются для получения отливок сложной формы литьем в земалю, кокиль, под давлением. Для усиления тех или иных свойств латуни помимо цинка легируют железом, оловом, марганцем, кремнием, алюминием, свинцом.

Деформируемые латуни от литейных легко отличить по маркировке: деформируемая ЛАЖ 60-1-1 (после буквы Л подряд начальные буквы русского названия легирующего элемента (кроме цинка), затем подряд идут группы цифр, указывающие процентное содержание меди и по порядку легирующих элементов (кроме цинка); литейная ЛЦЧОМуЗЖ (после буквы Л идут начальные буквы русского названия легирующего элемента (начиная с цинка) и за буквой цифры, отражающие содержание этого элемента в процентах).

**Бронзы** – многокомпонентные сплавы меди с другими элементами, где цинк не является основным. Подразделяют бронзы аналогично латуням на **деформируемые** (БрОЦС 4-4-2,5) и **литейные** (БрО6Ц6С2). Отличия маркировки деформируемых и литейных бронз такие же как у латуней.

# АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ.

**Алюминий** – металл с ГЦК решеткой, низким удельным весом (2,7 г/м<sup>3</sup>) и температурой плавления 6600С. Обладает высокой электро- и теплопроводимостью, коррозионной стойкостью, пластичностью.

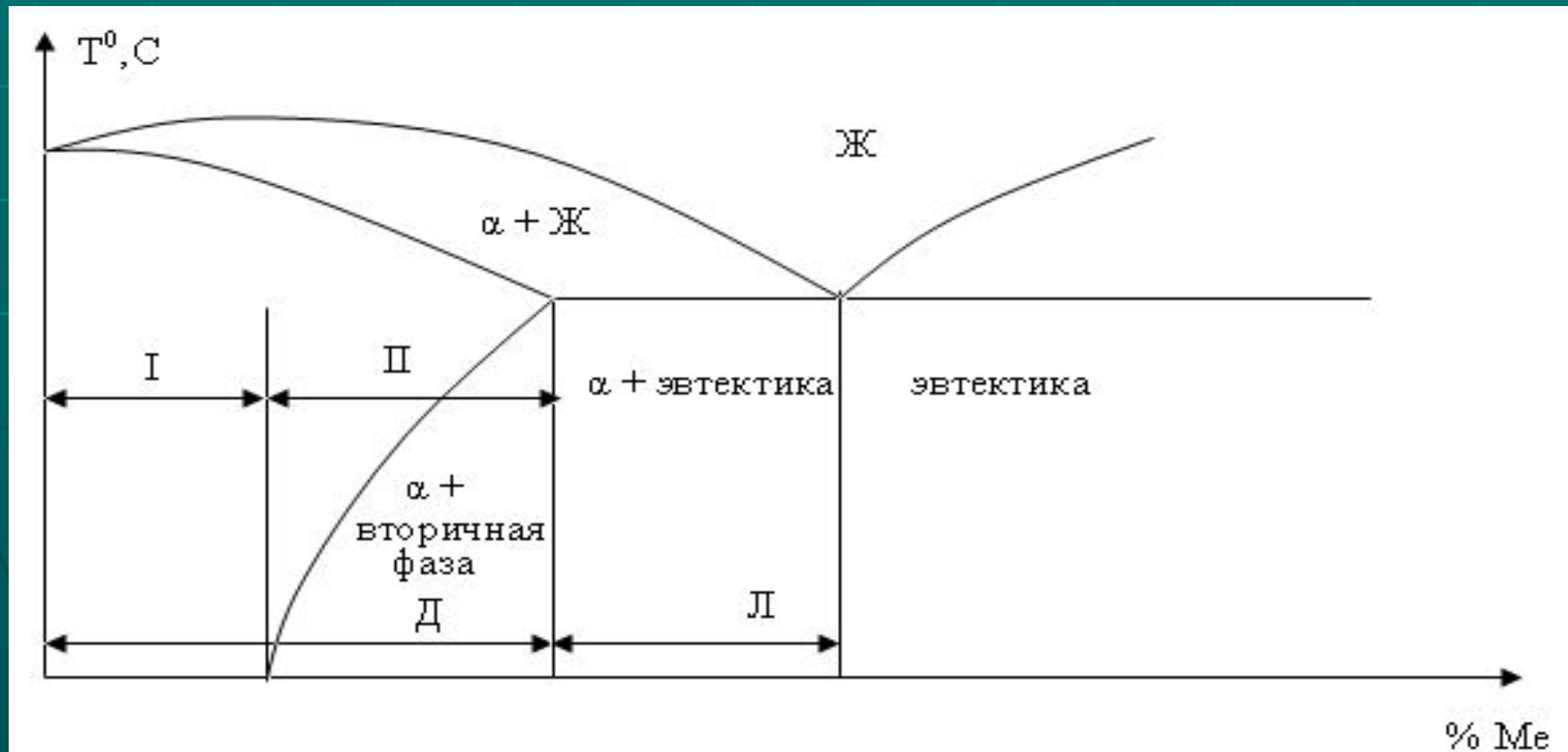
Сплавы на основе алюминия делятся на:

- Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой;
- Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой;
- Литейные алюминиевые сплавы.

Рис. 2 Типовая диаграмма (схема) состояния системы Al – легирующий элемент (Me).

Д – деформируемые сплавы, Л – литейные.

I – деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой; II – деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой.



# НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.

**Полимеры** – высокомолекулярные химические соединения, состоящие из многочисленных низкомолекулярных звеньев (мономеров) одинакового строения.

По составу полимеры делятся на:

- органические (состоят из углерода, водорода, серы, галогенов);
- элементоорганические (помимо перечисленных содержит в составе цепи атомы кремния, титана, алюминия и др.);
- неорганические (не содержат атомов углерода: силикатное стекло, керамика, слюда, асбест).

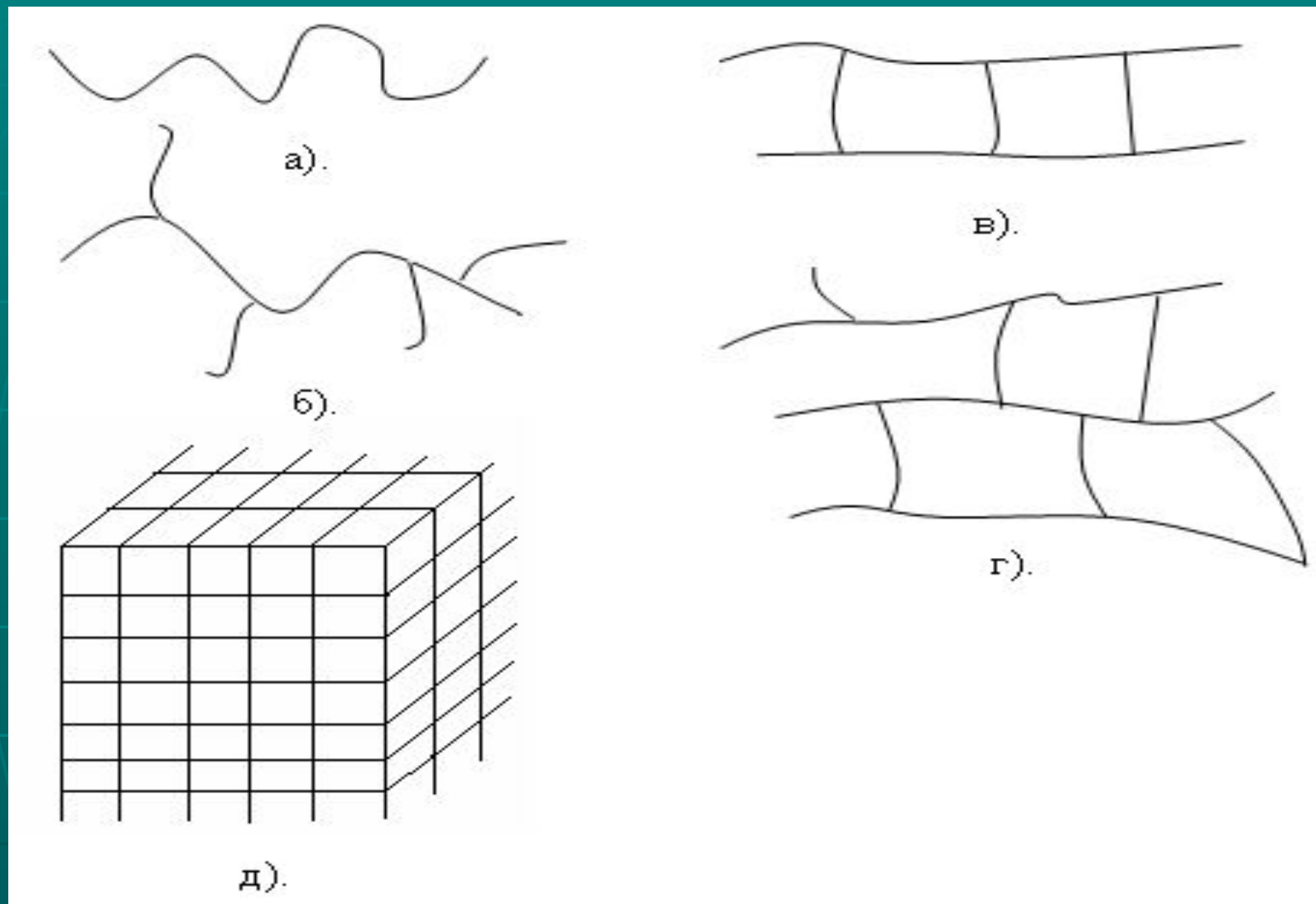


Рис. 3 Типы структуры полимера: а)– линейная; б)– линейно-разветвленная; в)– лестничная; г)сетчатая; д) пространственная.

Полимеры являются основой синтетических материалов – **пластмасс**.

Обычно пластмассы состоят из нескольких компонентов: *связующее, наполнитель, пластификатор, стабилизатор, краситель* и др.

**Связующее вещество** является обязательным компонентом любых пластмасс, оно скрепляет все компоненты в единый материал. Простые пластмассы состоят только из связующего (полиэтилен).

**Наполнителями** служат твердые материалы, они придают пластмассе те или иные необходимые специальные свойства (твердость, прочность, теплостойкость, антифрикционность, фрикционные свойства и т.д.).

**Пластификаторы** – это низкомолекулярные малолетучие жидкости с низкой температурой плавления. Они снижают жесткость, хрупкость пластмасс, повышают их способность деформироваться.

**Стабилизаторы** – вещества, замедляющие старение пластмасс.

# Резины

**Резины** – синтетический материал, состоящий из полимера каучука (связующее), наполнителя (сажа, оксид кремния, оксид титана, мел, тальк), пластификатора (канифоль, вазелин), стабилизатора (парафин, воск), вулканизатора (сера, оксид цинка).

**Норамальный каучук (нк)** – обладает наилучшим комплексом свойств: максимальные удлинения при разрыве, морозоустойчивость ( $-750\text{C}$ ), прочность.

**Изопреновый каучук (ски)** – наиболее близок по свойствам к натуральному.

**Фторсодержащий (скф)** – обладает высокой бензомаслостойкостью, но является наименее морозостойкими (становятся хрупкими при  $-250\text{C}$ ).



# Процесс изготовления резиновых изделий

Процесс изготовления резиновых изделий состоит из ряда операций, выполняемых в строгой последовательности:

- Подготовка компонентов. На этой стадии каучук пластифицируют, пропуская через нагретые валки.
- Смещение компонентов. Здесь соблюдают не только пропорции, но и последовательность введения компонентов: первыми вводят стабилизаторы, последними вулканизаторы, завершается смешиванием.
- Коландрование. На этом этапе смесь пропускают в разогретых валках и получают сырую резину в виде листов, лент различных размеров.
- Формирование изделий. Проводят методами прессования или листья под давлением.
- Вулканизация. Завершающая операция, формирующая окончательные свойства резины. Чаще всего проводят воздействием температуры

# Композиционные материалы

**Композиционные материалы** – это материалы, состоящие из двух или более компонентов, объединенных в монолит и сохраняющих индивидуальные свойства. Компонент, который обладает непрерывностью по всему объему называется **матрицей**. Функции матрицы: объединять в монолит остальные компоненты, воспринимать и равномерно распределять внешнюю нагрузку.

Свойства композиционного материала так же существенно зависят от природы и строения наполнителя (понятие имеет тот же смысл, что у пластмасс). Наполнитель композиционного материала по своей геометрии может быть нульмерным (порошок), одномерным (нить), двумерным (полотно).

По схеме расположения наполнителя бывают **одноостные** – нити расположены в одном направлении, **двухостные** – нити расположены в двух осях (плоское расположение), **трехосные** (объемные) – нити образуют пространственную решетку.

# Стекло

**Стекло** – однородное аморфное вещество, полученное при затвердевании расплава оксидов. В стекле могут присутствовать оксиды трех типов.

**Стеклообразующие** – оксиды кремния, бора, фосфора, мышьяка.

**Модифицирующие** – оксиды щелочных К, Na и щелочноземельных Ca, Mg, Ba металлов, существенно понижают температуру плавления стекла.

**Промежуточные** – оксиды алюминия, свинца, титана, железа – могут замещать часть стеклообразующих оксидов.

Структура и свойства стекла определяются его химическим составом, условиями варки, охлаждения и обработки.

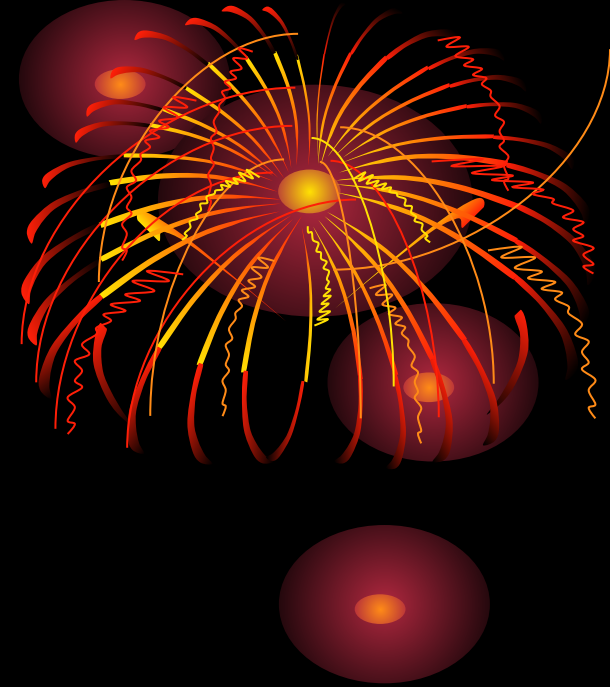
Стекло широко применяют в разных областях благодаря сочетанию физико-химических свойств. Кварцевое представляет собой однокомпонентное (99% SiO<sub>2</sub>) стекло и обладает максимальной теплостойкостью (выдерживает перепад температур).

**Пеностекло** – это застывшая вспененная стекольная масса. Имеет малую плотность, низкую тепло- и звукопроводимость.

# Ситаллы

**Ситаллы** – стеклокристаллические материалы, получают путем кристаллизации стекла. Обладают очень высокой прочностью (2...3 раза выше стекол), твердостью, износостойкостью.

Применяют для изготовления подшипников скольжения, поршней двигателей внутреннего сгорания.



Спасибо

за внимание!!!