

# ЖЕЛЕЗО И ЕГО СПЛАВЫ

Выполнила студентка группы  
АСУ14-1

Кознова Анастасия

# СОДЕРЖАНИЕ

- Железо и его сплавы.
- Фазовые превращения в железоуглеродистых сплавах.
- Фазы и структурные составляющие.
- Стали повышенной и высокой обрабатываемости резанием.
- Автоматные стали.
- Стабильная диаграмма железо-углерод.
- Классификация чугунов.
- Белые, серые, высокопрочные, ковкие чугуны.
- Формирование структуры чугунов.
- Влияние углерода, кремния и скорости охлаждения на структуру чугунов.
- Свойства и применение чугунов.
- Маркировка чугунов.
- Основное назначение легирующих компонентов.
- Классификация легирующих элементов.

# ЖЕЛЕЗО И ЕГО СПЛАВЫ.

Железо - один из наиболее распространенных в природе металлических элементов.

Железоуглеродистые сплавы, стали и чугуны в течение целой эпохи являлись основой развития человеческой цивилизации. И это связано, с одной стороны, с большой распространенностью железа в земной коре, а с другой, с уникальностью свойств сплавов на основе железа.

Такие свойства достигаются при взаимодействии железа углеродом, а также с многочисленными легирующими элементами, которые существенно изменяют структуру и фазовый состав железоуглеродистых сплавов. Фазовое и структурное состояние этих сплавов описывается диаграммой железо-углерод.

## ФАЗЫ И СТРУКТУРНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

В зависимости от температуры и содержания углерода железуглеродистые сплавы могут содержать следующие фазы: аустенит, феррит, цементит и графит. Структурные составляющие них сплавах могут состоять из одних этих фаз, а также из их смесей (ледебурита – эвтектическая смесь аустенита и цементита; перлита – эвтектоидная смесь феррита и цементита)

**Аустенит** является твердым раствором углерода в  $\gamma$ -железе. Предельная концентрация углерода в аустените составляет 0% при  $1145^\circ$ . С понижением температуры растворимость углерода в аустените уменьшается до 0,08%. Такую предельную концентрацию аустенит имеет при  $723^\circ$ . Эта температура является одновременно нижней границей существования устойчивого аустенита в углеродистых сталях. Сталь, имеющая структуру аустенита, немагнитна и обладает большой пластичностью.

**Феррит** представляет собой твердый раствор углерода в  $\alpha$ -железе. В  $\alpha$ -железе при  $700^\circ$  растворяется до 0,02% углерода, феррит характеризуется незначительными величинами твердости и прочности и высокой пластичностью. Механические свойства феррита сильно зависят от величины зерна.

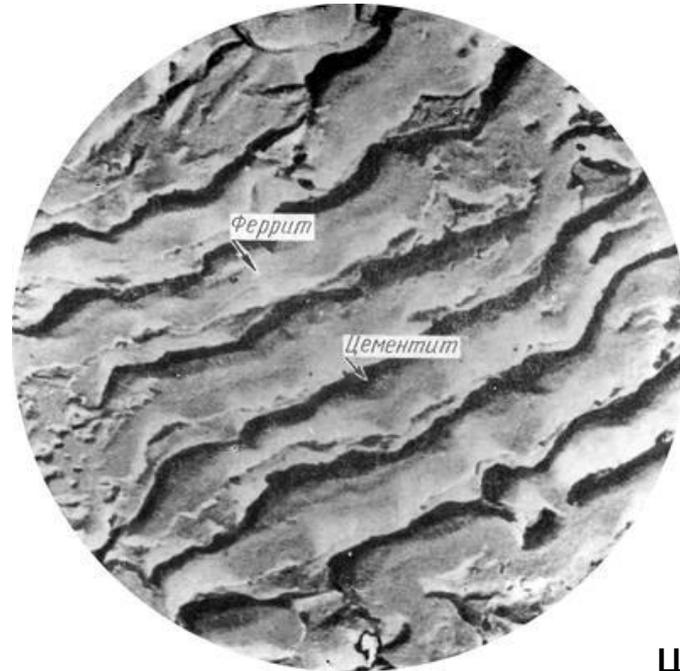
**Цементит** – это химическое соединение железа с углеродом (карбид железа)  $Fe_3C$ . Цементит содержит около 6,67% И и рода, весьма тверд и хрупок. Твердость его приближается его к НВ – 800. Цементит – нестабильное (эндотермическое) соединение и может в определенных условиях разлагаться. **Перлитом** называют механическую смесь феррита и цементита, образующуюся при эвтектоидном распаде медленно охлаждаемого аустенита. Концентрация углерода в перлите составляет 0,80%. Твердость перлита НВ 180 ÷ 220. Сталь, содержащая 0,80%С, имеет чисто перлитную структуру.

**Ледебурит** – это механическая смесь аустенита и цементита, образующаяся при кристаллизации жидкого сплава, содержащего 4,3%С. Так как при температуре  $723^\circ$  аустенит превращается в перлит, то это превращение охватывает и аустенит, входящий в состав ледебурита. Таким образом, ниже  $723^\circ$  ледебурит представляет собой уже не смесь аустенита с цементитом, смесь перлита с цементитом.

**Графит** представляет собой свободный углерод, расположенный в основной массе металла в виде пластинок или зерен. Он образуется либо за счет распада цементита, либо выделяется н I пересыщенных жидких или твердых растворов. Кроме указанных структурных составляющих, в технических железоуглеродистых сплавах наблюдаются в небольшом количестве и другие фазы – сульфиды, фосфиды, окислы, нитриды и структурные составляющие на их основе (например, фосфидная ввтектика в чугунах).



Аустенит



цементит



графит



феррит

Стали с повышенной обрабатываемостью резанием. Наиболее часто применяют автоматные стали А12, А20, А40, имеющие повышенное содержание серы 0.08-0.3, фосфора 0.05 и марганца 0.7-1.0. Сталь 40Г содержит 1.2-1.55 Мп. Фосфор, повышая твердость, прочность и охрупчивая сталь, способствует образованию ломкой стружки и получению высокого качества поверхности. Стали обладают большой анизотропией механических свойств, склонны к хрупкому разрушению, имеют пониженный предел выносливости.



## Автоматные стали.

Автоматными называют стали, обладающие повышенной обрабатываемостью резанием.

Эффективным металлургическим приемом повышения обрабатываемости резанием является введение в сталь серы, селена, теллура, кальция, которые изменяют состав неметаллических включений, а также свинца, который образует собственные включения.

Автоматные стали А12, А20 с повышенным содержанием серы и фосфора используются для изготовления малонагруженных деталей на станках автоматах (болты, винты, гайки, мелкие детали швейных, текстильных, счетных и других машин). Эти стали обладают улучшенной обрабатываемостью резанием, поверхность деталей получается чистой и ровной. Износостойкость может быть повышена цементацией и закалкой. Стали А30 и А40Г предназначены для деталей, испытывающих более высокие нагрузки.

У автоматных сталей, содержащих свинец, (АС11, АС40), повышается стойкость инструмента в 1...3 раза и скорость резания на 25...50 %.

Легированные хромистые и хромоникелевые стали с присадкой свинца и кальция (АЦ45Г2, АСЦ30ХМ, АС20ХГНМ) используются для изготовления нагруженных деталей в автомобильной и тракторной промышленности. Автоматные стали подвергают диффузионному отжигу при температуре 1100...1150°C, для устранения ликвации серы.

## Автоматные стали.

Автоматные детали. Диаметр обрабатываемых деталей от 2 до 32 мм.

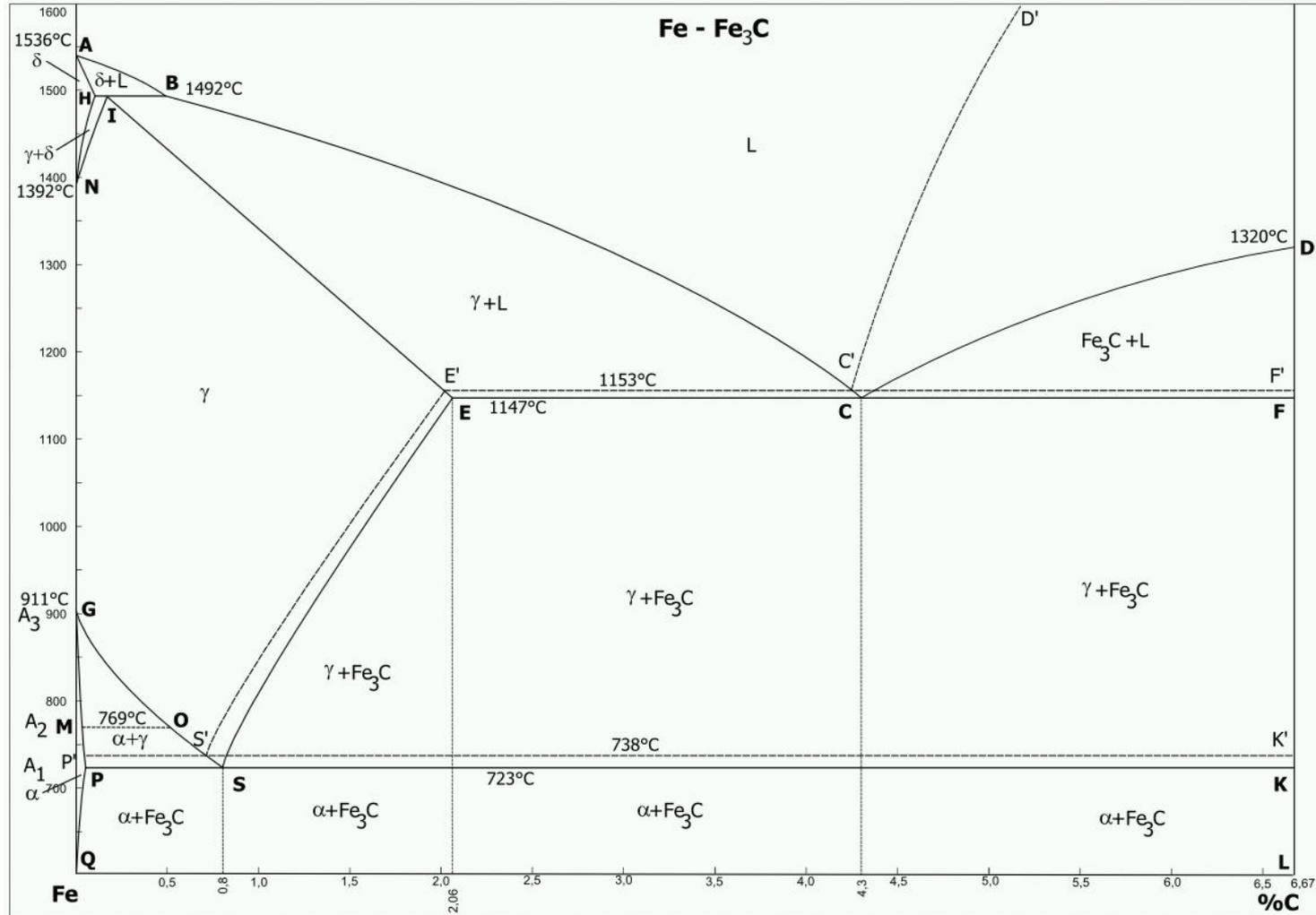


Опорный кронштейн из автоматной стали.



Как правило, гайки производятся из автоматной стали на станках-автоматах.

Диаграмма фазового равновесия (диаграмма состояния) железо-углерод (иногда говорят железо-цементит) — графическое отображение фазового состояния сплавов железа с углеродом в зависимости от их химического состава и температуры.



Часть  
диаграммы  
состояния  
сплавов железо-  
цементит

Чугун представляет собой многокомпонентный сплав железа с углеродом, содержащий  $>2,1\%$  С. Кроме углерода в чугуне обычно содержится (в %): до 4 Si; 2 Mn; 0,3 P; 0,25 S, а также 0,1 Cr, Ni или Cu. **Классификация чугунов в зависимости от содержания углерода в сплаве:**  
белые,  
серые,  
ковкие,  
высокопрочные чугуны.

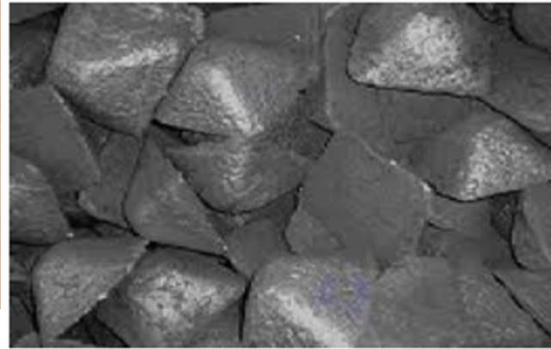
**Серые чугуны** в изломе имеют серебристый цвет из-за наличия в них пластинчатых включений графита. Они широко используются в литейном производстве и выпускаются в соответствии с ГОСТ 1412-85. Прочность серого чугуна с пластинчатым графитом при растяжении находится в пределах 120...440 МПа, твердость 140...290 НВ. Структура серых чугунов в зависимости от состава и условий охлаждения может быть с перлитной, перлитно-ферритной и ферритной основой.

В **белом чугуне** весь углерод находится в виде химического соединения с железом - цементита ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Цементит обладает высокими твердостью (800 НВ) и хрупкостью, поэтому трудно поддается механической обработке. Из-за этого белые чугуны нашли ограниченное применение в качестве конструкционных материалов и служат в основном для получения ковких чугунов. При длительном обжиге белого чугуна цементит в нем распадается и углерод выделяется в свободное состояние.

Чугун, полученный из белого чугуна продолжительным отжигом при температуре 800...850°C, называют **ковким**. В отличие от серого чугуна в ковком углерод находится не в виде пластинчатого графита, а в виде хлопьевидного. Ковкий чугун по сравнению с серым чугуном обладает более высокой прочностью (300 ... 630 МПа), пластичностью и ударной вязкостью. Ковкий чугун имеет однородные свойства по сечению, в его отливках отсутствуют напряжения, ему при сушке высокие механические свойства, он хорошо (



**Белый чугун**



**Чугун ковкий**

В промышленности получили распространение высокопрочные и легированные чугуны.

В высокопрочном чугуне (ГОСТ 7293-85) углерод находится в виде шаровидного графита.

Содержание основных элементов в таких чугунах составляет (в %): до 38 С; 2,9 Si; 0,9 Mn; 0,1 Cr; 0,02 S; 0,1 P; 0,08 Mg. Чугуны с шаровидным графитом значительно превосходят по характеристикам серые чугуны. В частности по износо-, жаро- и коррозионной стойкости.



**ЧУГУН СЕРЫЙ**



## Формирование структуры чугунов

Стали и чугуны являются сложными по составу сплавами, но в основном состоят из железа и углерода. Поэтому их с известным приближением можно рассматривать как двойные железо-углеродистые сплавы

### Влияние углерода, кремния и скорости охлаждения на структуру чугунов

Химический элемент		
Серый чугун	Высокопрочный чугун	Ковкий чугун
<i>Углерод</i>		
Повышенное содержание углерода приводит к уменьшению прочности, твердости и увеличению пластичности; углерод улучшает литейные свойства чугуна	Увеличенное содержание углерода улучшает литейные свойства чугуна	Углерод - основной регулятор механических свойств ковкого чугуна; чугун обладает низкой жидкотекучестью и требует высокого перегрева
<i>Кремний</i>		
Кремний (с учетом содержания углерода) способствует выделению графита и снижает твердость, а также уменьшает усадку; повышенное содержание кремния снижает пластичность и несколько увеличивает твердость	С повышением содержания кремния возрастает предел прочности при растяжении, при дальнейшем увеличении содержания - уменьшаются предел прочности при растяжении и относительное удлинение	Для ферритного ковкого чугуна суммарное содержание кремния и углерода должно быть 3,7-4,1%. Содержание кремния зависит от количества углерода и толщины стенки. При содержании кремния до 1,5% механические свойства сплава повышаются

Скорость охлаждения зависит от конструкции или приведенной толщиной отливки, температуры заливки, химического состава чугуна, теплофизических свойств материала формы и ее температуры.

Зависимость скорости охлаждения от толщины отливки весьма сложна. В первом приближении скорость охлаждения может быть принята обратно пропорционально толщине отливки ( $c$  - для плоской и диаметру  $d$  - для круглой отливки); приведенная толщина  $R$  равна соответственно  $c/2$  и  $q/4$

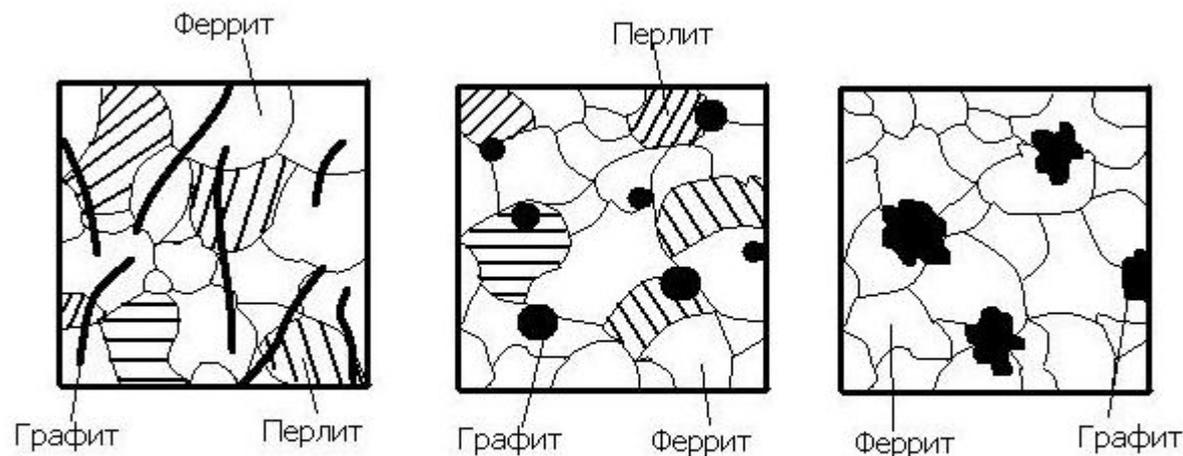


Рис.14 Схематическое изображение структур чугунов: а-серого, б-высокопрочного, в-ковкого.

Свойства чугуна зависят главным образом от содержания в нем углерода и других примесей, неизбежно входящих в его состав: кремния (до 4,3%), марганца (до 2%), серы (до 0,07%) и фосфора (до 1,2%).

Применение ковкого чугуна в различных отраслях промышленности

Применение серого чугуна в химическом машиностроении. Чугун, применяемый для деталей химического оборудования, отличается повышенной коррозионной стойкостью. Для него характерно более низкое содержание кремния и повышенное содержание легирующих элементов.

Применение серого чугуна в электромашиностроении. Для отливок станин электродвигателей, крышек, фланцев, щитов применяют нелегированный чугун марок СЧ 12-28 и СЧ 15-32 с высоким содержанием углерода и кремния и повышенным (до 0,5%) содержанием фосфора.

Области применения. Ковкий чугун как конструкционный материал широко применяют в различных отраслях машиностроения благодаря высоким физико-механическим свойствам отливок, несложной и стабильной технологии их производства и более низкой стоимости по сравнению с отливками из стали, поковками и штамповками. Основным потребителем отливок из ковкого чугуна является автомобиле-и тракторостроение, сельхозмашиностроение и другие отрасли промышленности.

## Маркировка чугунов

Маркировка чугуна.

По принятой в Советском Союзе маркировке обозначения марок доменных чугунов содержат буквы и цифры.

**Буквы указывают основное назначение чугуна:**

**П** – передельный для кислородно-конверторного и мартеновского промышленности

**Л** – литейный для чугунолитейного промышленности.

Марки чугунов литейного промышленности, как правило, обозначаются буквами, показывающими основной характер или назначение чугуна:

**СЧ** – серый чугун,

**ВЧ** – высокопрочный,

**КЧ** – ковкий;

В настоящее время практически ничего не изменилось и в производства разновидности чугуна маркируются следующим образом:

1. передельный чугун – **П1, П2**;

2. передельный чугун для отливок – **ПЛ1, ПЛ2**,

3. передельный фосфористый чугун – **ПФ1, ПФ2, ПФ3**,

4. передельный высококачественный чугун – **ПВК1, ПВК2, ПВК3**;

5. чугун с пластинчатым графитом – **СЧ** (цифры после букв «СЧ»), обозначают величину временного сопротивления разрыву в кгс/мм);

6. антифрикционный чугун

7. антифрикционный серый – **АЧС**,

8. антифрикционный высокопрочный – **АЧВ**,

9. антифрикционный ковкий – **АЧК**;

10. чугун с шаровидным графитом для отливок – **ВЧ** (цифры после букв «ВЧ» означают временное сопротивление разрыву в кгс/мм);

11. чугун легированный со специальными свойствами – **Ч**.

Пример обозначения легированных чугунов:

ЧН19ХЗ – чугун, содержащий ~19% никель и ~3% Cr.

Если в легированном чугун регламентируется шаровидная форма графита, в конце марки добавляется буква Ш (ЧН19ХЗШ).

Россия	США	Германия	Япония	Великобритания
ГОСТ 1412-85	ASTN A48	DIN 1691	JIS J5501	BS 1452
СЧ10	20В	GG-10	FC100	100
СЧ15	25В	GG-15	FC150	150
СЧ18	-	-	-	180
СЧ20	30В	GG-20	FC200	200
СЧ21	-	-	-	220
СЧ24	-	-	-	-
СЧ25	35В	GG-25	FC250	250
-	40В	-	-	-
СЧ30	45В	GG-30	FC300	300
СЧ35	50В	GG-35	FC350	350
-	55В	-	-	-
-	60В	-	-	-

Основным легирующим элементом является **хром** (0,8...1,2)%. Он повышает прокаливаемость, способствует получению высокой и равномерной **твердости** стали. **Порог хладоломкости** хромистых сталей – (0...-100)°С.

### Классификация легированных сталей

Стали классифицируются по нескольким признакам.

1. По структуре после охлаждения на воздухе выделяются три основных класса сталей:
  - перлитный;
  - мартенситный;
  - аустенитный

Стали перлитного класса характеризуются малым содержанием легирующих элементов; мартенситного - более значительным содержанием; аустенитного - высоким содержанием легирующих элементов.

Классификация связана с кинетикой распада аустенита. Диаграммы изотермического распада аустенита для сталей различных классов представлены на рис. 17.3

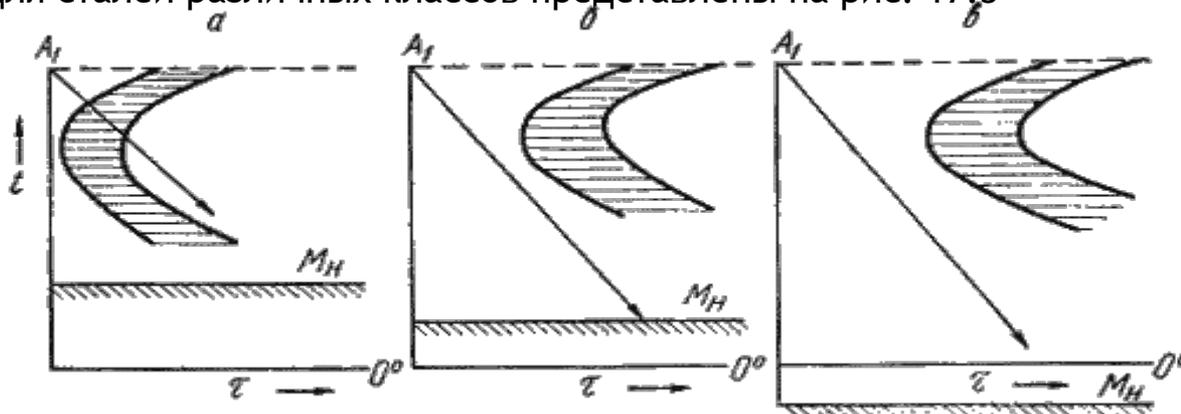


Рис.17.3. Диаграммы изотермического распада аустенита для сталей перлитного (а), мартенситного (б) и аустенитного (в) классов