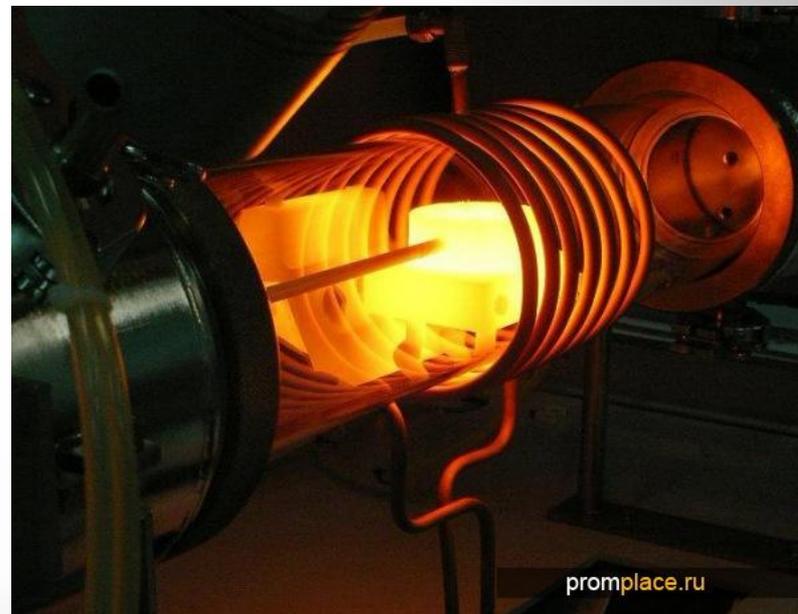


Термическая обработка стали





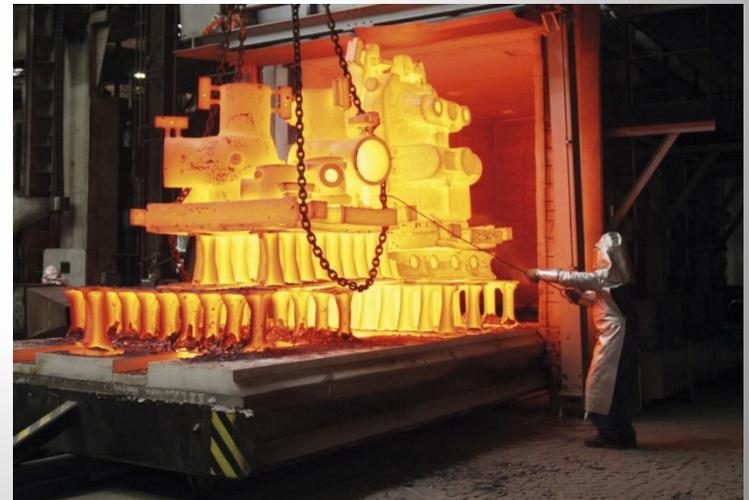
Термическая обработка (термообработка) — совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутреннего строения и структуры.

Термической обработке подвергают заготовки, поковки, штамповки, а также готовые детали и инструменты для придания им необходимых свойств: твердости, прочности, износостойкости, упругости, снятия внутренних напряжений, улучшения обрабатываемости.



Операции термической обработки

- Нагрев стали
- Выдержка
- Охлаждение



Быстрое охлаждение

Увеличивается:

- твердость;
- износостойкость;
- упругость и т.д.

Медленное охлаждение

Увеличивается:

- пластичность;
- ударная вязкость;
- обрабатываемость.





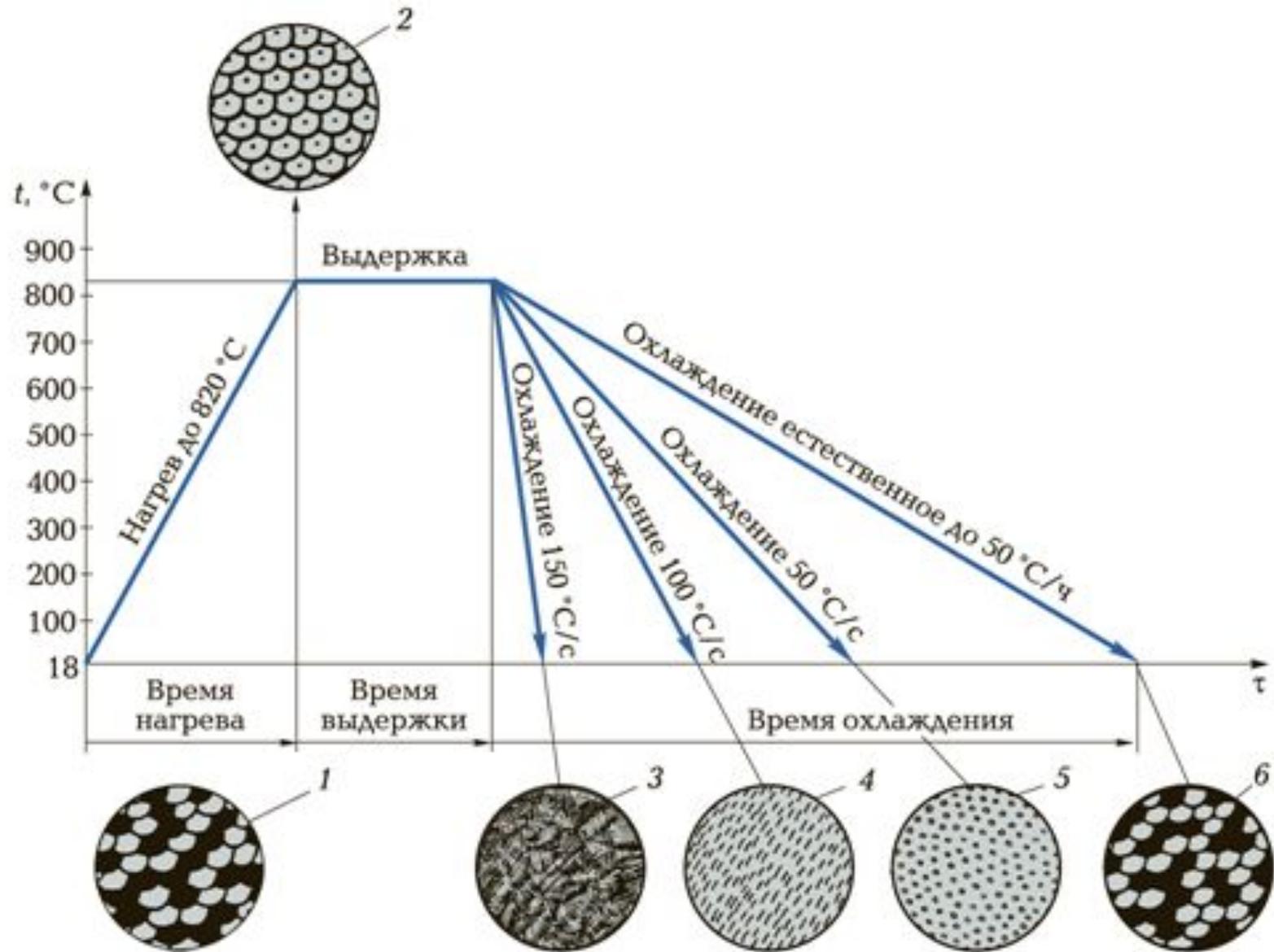


Рис. 6.4. Микроструктуры, полученные в результате нагрева и охлаждения стали марки 40 с различной скоростью:

1 — перлит + феррит; 2 — аустенит; 3 — мартенсит; 4 — троостит; 5 — сорбит; 6 — феррит + перлит

Виды термической обработки стали

- Отжиг
- Нормализация
- Закалка
- Отпуск



ОТЖИГ

Отжигом стали называется вид термической обработки, заключающийся в ее нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении.



Цели отжига — снижение твердости и улучшение обрабатываемости стали, изменение формы и величины зерна, выравнивание химического состава, снятие внутренних напряжений.

Отжиг первого рода (низкотемпературный)

– это термическая обработка, состоящая в нагреве металла в неустойчивом состоянии, полученном предшествующими обработками, для приведения металла в более устойчивое состояние.

Применяют для снятия наклепа, сфероидизации цементита в заэвтектоидных сталях для их смягчения, т.е. облегчения обрабатываемости.

Различают диффузионный (гомогенизационный), рекристаллизационный отжиг и отжиг уменьшающий напряжения

Диффузионный отжиг (гомогенизация) это термическая обработка, при которой главным процессом является устранение последствий дендритной ликвации. В результате диффузионного отжига происходит выравнивание неоднородности стали по химическому составу.



Рекристаллизационный отжиг, применяемый для сталей после холодной обработки давлением, - это термическая обработка деформированного металла или сплава, при котором главным процессом являются возврат и рекристаллизация соответственно.

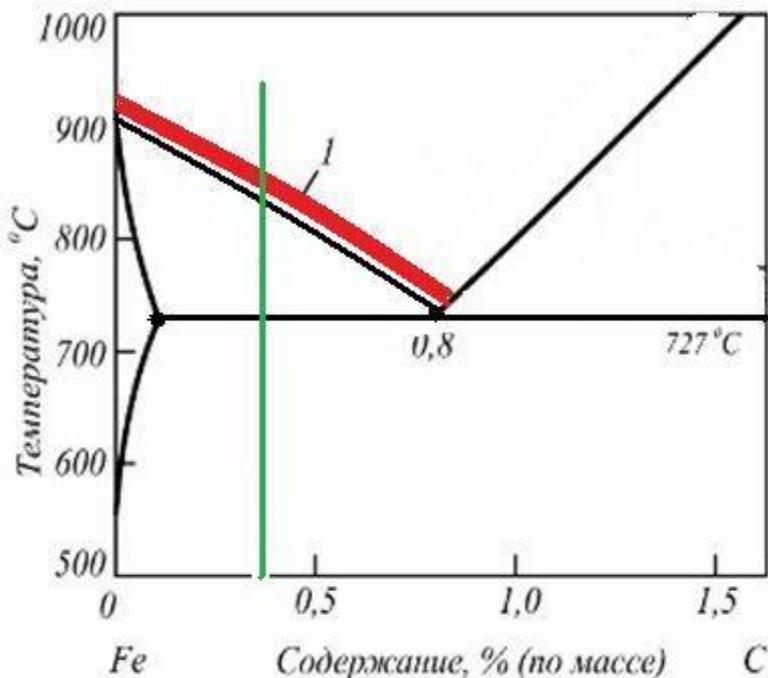


Отжиг, уменьшающий напряжение, - это термическая обработка, при которой главным процессом является полная или частичная релаксация остаточных напряжений.

Отжиг второго рода – это нагрев деталей и заготовок выше критических температур с последующим медленным охлаждением для получения устойчивого состояния структуры. Отжиг второго рода имеет различные цели, а именно: а) измельчение зерна; б) получение равновесной, более мягкой структуры; в) уничтожение литой структуры; г) устранение дендритной ликвации (неоднородность химического состава в сплаве).

Важным фактором, обуславливающим качественный отжиг, является правильный выбор температуры нагрева, которую определяют по диаграмме железо-цементит в зависимости от марки стали и массовой доли углерода. Кроме этого необходимо правильно выбирать скорость нагрева, а также скорость охлаждения.

1 – ПОЛНЫЙ ОТЖИГ



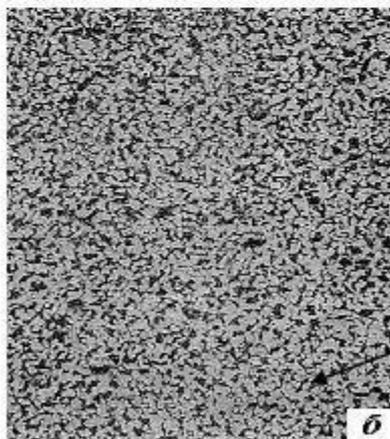
20 – 40 К выше точки Ac3

Основные цели полного отжига

:
устранение пороков структуры (, возникших при литье, горячей деформации, сварке и термообработке (крупнозернистость и видманштеттов феррит),
смягчение стали перед обработкой резанием уменьшение остаточных напряжений



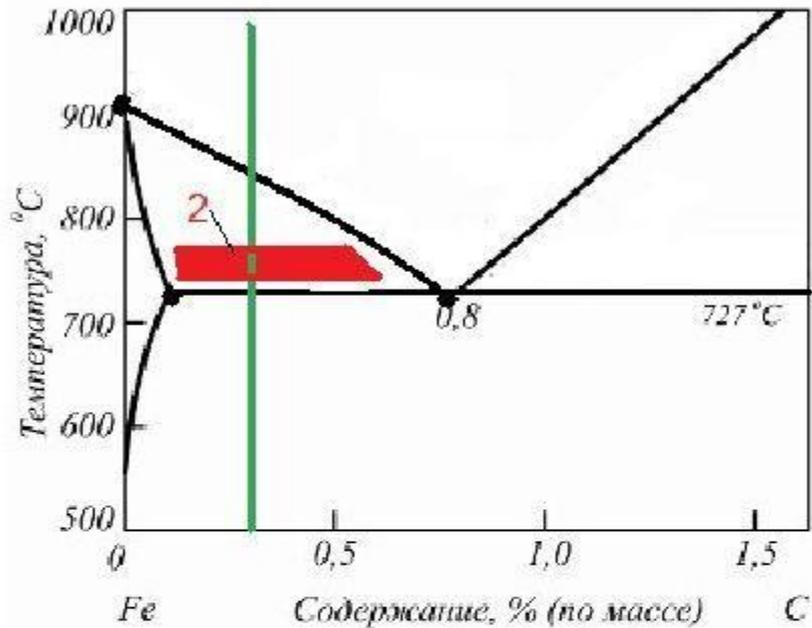
а - видманштеттова структура литой доэвтектоидной стали



б - после полного отжига
×100

Структура доэвтектоидной стали после отжига состоит из избыточного феррита и перлита.

2 – неполный отжиг



Температура отжига:
Выше A_{c1} , но ниже A_{c3}

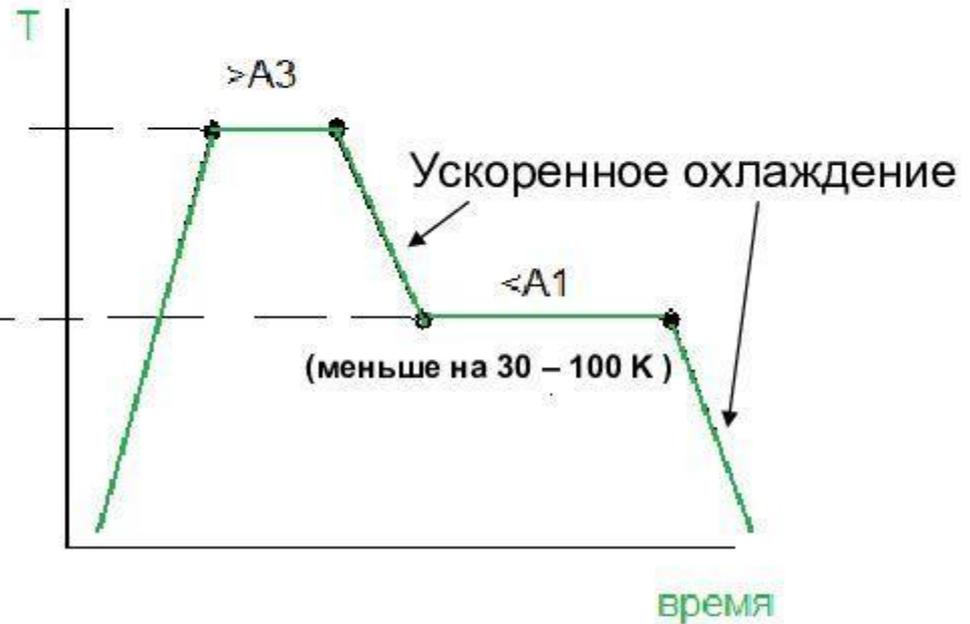
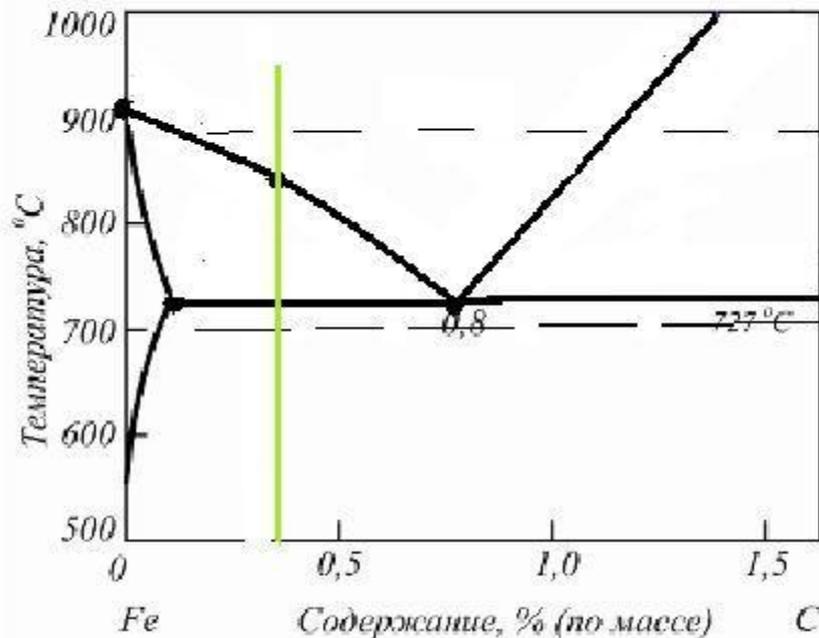
Не устраняет пороков структуры

Используют для смягчения доэвтектоидной стали перед обработкой резанием, так как в результате эвтектоидного превращения при неполном отжиге образуется мягкий перлит.

Позволяет:

- 1. экономить время**
- 2. снизить стоимость обработки.**

Изотермический отжиг



основное назначение изотермического отжига – смягчение стали

Преимущества:

Выигрыш во времени (время ускоренного охлаждения, изотермической выдержки и последующего ускоренного охлаждения меньше времени медленного непрерывного охлаждения изделия вместе с печью).

Получение более однородной структуры, так как при изотермической выдержке температура по сечению изделия выравнивается и превращение во всем объеме стали происходит при одинаковой степени охлаждения.

Нормализационный отжиг (нормализация)

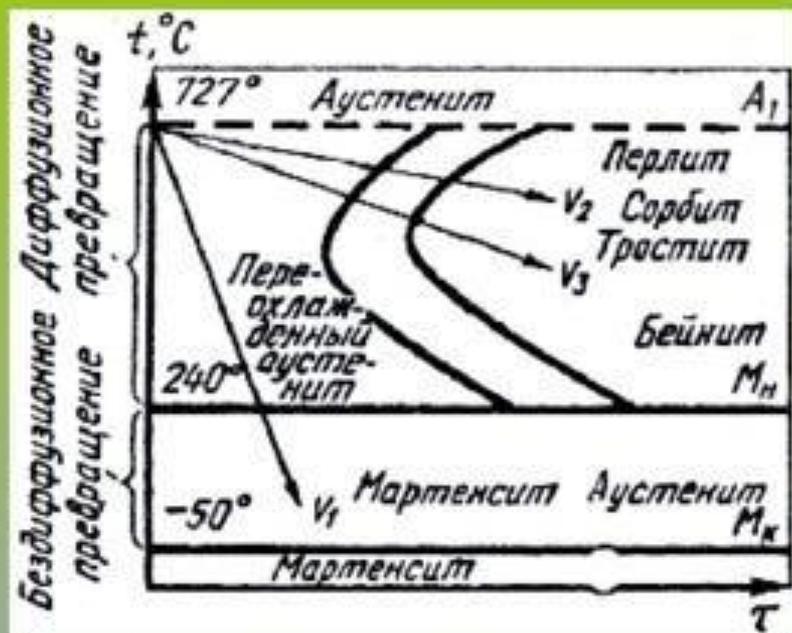
аустенизация при температуре на 30-50 градусов выше GSE



последующее охлаждение на воздухе

- В результате более резкого охлаждения формируется более тонкая структура чем при отжиге.
- Частично подавляется выделение избыточных фаз.
- Чаще всего проводят как промежуточную операцию для устранения пороков стали и смягчения перед резанием.

Закалка стали



При охлаждении нагретой под закалку стали со скоростью выше критической (для конструкционных сталей охлаждение в воду) вместо диффузионного превращения аустенита в перлит, происходит бездиффузионное **мартенситное превращение**.

Образуется **мартенсит** — пересыщенный твердый раствор внедрения углерода в α -железе.



Отпуск стали — это вид термической обработки, следующий за закалкой и заключающийся в нагреве стали до определенной температуры (ниже линии PSK), выдержке и охлаждении.

Цель отпуска — получение более равновесной по сравнению с мартенситом структуры, снятие внутренних напряжений, повышение вязкости и пластичности. Различают низкий, средний и высокий отпуск.

Низкий отпуск стали



Низкий отпуск проводится при температуре 150-200 °С. Образуется структура **мартенсит отпуска**. Мартенсит отпуска отличается от мартенсита заковки наличием мелкодисперсных частиц карбидов и меньшей степенью тетрагональности кристаллической решетки.

В результате низкого отпуска **снимаются внутренние напряжения**, происходит некоторое **увеличение пластичности и вязкости без заметного снижения твердости и износостойкости**.

Низкому отпуску подвергают **режущий и мерительный инструмент**, а также **машиностроительные детали**, которые должны обладать высокой твердостью и износостойкостью.

Средний отпуск стали

При **среднем отпуске** производится нагрев до 350-450 °С. Из мартенсита полностью выделяется углерод и образуется мелкоигольчатая смесь феррита и цементита. Такая структура стали полученная при среднем отпуске называется **тростит отпуска**.

При среднем отпуске происходит некоторое снижение твердости при значительном **увеличении предела упругости** и улучшении сопротивляемости действию ударных нагрузок.



Применяется для
**пружин, рессор,
ударного инструмента.**

Высокий отпуск стали

Высокий отпуск проводится при **550-650° С**. При нагреве до таких температур происходит коагуляция и сфероидизация частиц цементита в механической смеси феррита и цементита. Структура с округлыми зернами основных фаз называется **сорбит отпуска**.

В результате высокого отпуска твердость и прочность снижаются значительно, но сильно возрастают вязкость и пластичность и получается **оптимальное** для конструкционных сталей **сочетание механических свойств**.



Применяется **для деталей, подвергающихся действию высоких нагрузок**

Домашнее задание

Используя дополнительную литературу провести мини-исследование влияния термической обработки и микроструктуры стали на конструкционную прочность (наименование детали, узла, машины).

Например, шестерни и зубчатые колеса тяговых передач тепловозов, электровозов, дрезин, шпиндели станков, кондукторные втулки, накладки направляющих станков, буксы, рельсы, колеса, пружины, рессоры и т.д.

1. В каких условиях работает заданная деталь, каким нагрузкам подвергается, по каким причинам выходит из строя (эскиз детали и узла).
2. Разобрать технологические особенности этой детали, а также экономические соображения (стоимость, дефицитность легирующих элементов).
3. Разобрать режим и технологию термической обработки.
4. Описать структурные превращения в стали по этапам термической обработки.
5. Описать (кратко) необходимое оборудование и приборы для проведения термической обработки изделий и контроля ее эффективности, а также привести основные правила техники безопасности.

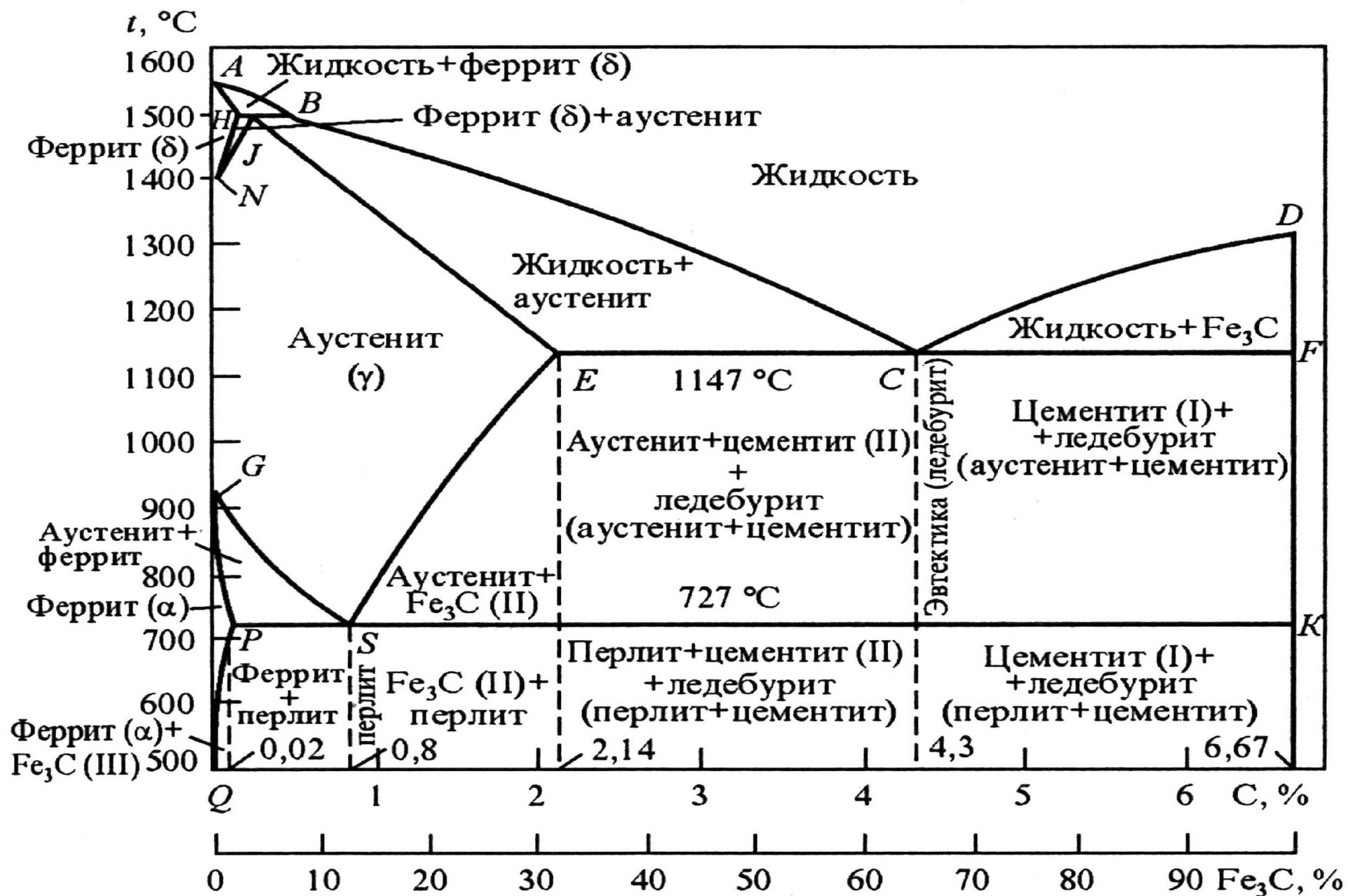


Диаграмма состояния Fe—Fe₃C