

# Термическая и химико-термическая обработка материалов

- 1.3.1. Термическая обработка, её цель, область применения.
- 1.3.2. Основы термической обработки металлов.
- 1.3.3. Классификация видов термической обработки металлов.
- 1.3.4. Превращения при нагревании и охлаждении стали.
- 1.3.5. Определение и классификация основных видов химико-термической обработки металлов и сплавов: цементация, азотирование, цианирование и хромирование.
- 1.3.6. Дефекты термической обработки и методы их предупреждения и устранения

Самостоятельная работа обучающихся:

Заполнение таблиц: Виды закалки, Виды отжига

## Металлообработку различают таких типов:

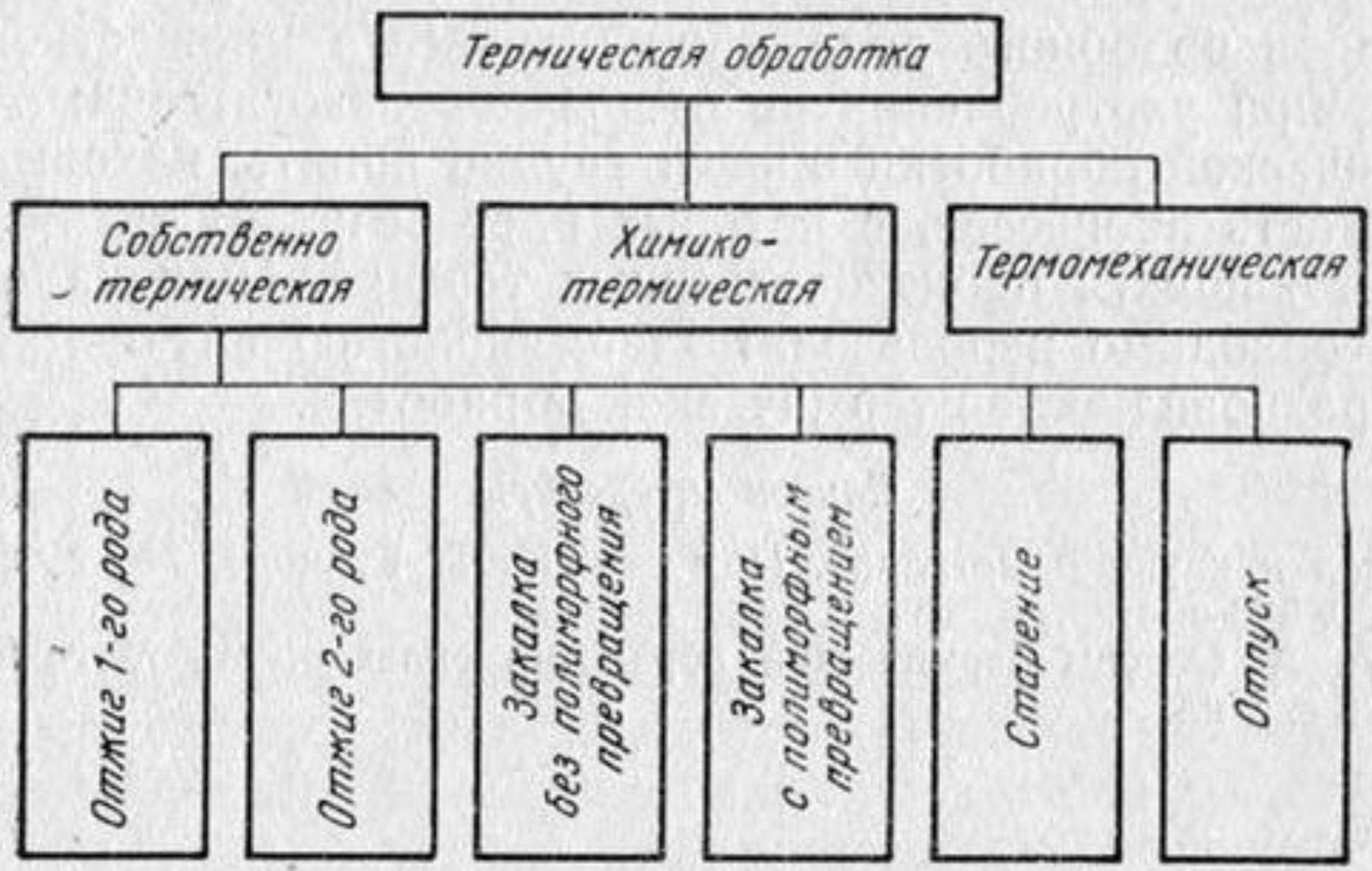
- термическую;
- химико-термическую;
- электрофизическую;
- электрохимическую;
- прочие.

- Термическая обработка подразумевает изменение самой структуры материала, к чему приводит:
  - нагревание;
  - выдержка;
  - охлаждение.
- Такие операции приводят к упрочнению, разупрочнению и стабилизации металла.

# Различают такие виды термообработки металлов или сплавов:

- отжиг.
- закалка.
- отпуск.
- нормализация.
- старение.
- охлаждение.





### Скорости охлаждения при различных видах термической обработки

Вид термообработки	Температура нагрева	Скорость охлаждения	Среда охлаждения
Отжиг	Различные	Медленная (20–30°С/ч)	Воздух (в печном пространстве)
Нормализация (для сталей)	Выше температур фазовых превращений	Ускоренная (50–100°С/ч)	Воздух (вне термического оборудования)
Закалка		Очень быстрая (100–300°С/с)	Специальные среды
Отпуск, старение	Ниже температур закалки	Произвольная	Воздух, вода

Таблица 2.4

**Типы отжига для сплавов разного состава**

Отжиги I рода	Отжиги II рода	
Для сплавов на всех металлических основах, а также порошковых и гранулированных материалов	Для углеродистых и легированных сталей	Для сплавов с переменной растворимостью
Гомогенизационный (диффузионный) рекристаллизационный для уменьшения напряжений	Перекристаллизационный; сфероидизирующий; нормализация	Гетерогенизационный (разупрочняющий)

**Релаксация** — процесс самопроизвольного частично-го или полного возвращения физико-химической системы в равновесное состояние после того, как она из этого состояния была выведена.

*Таблица 2.5*

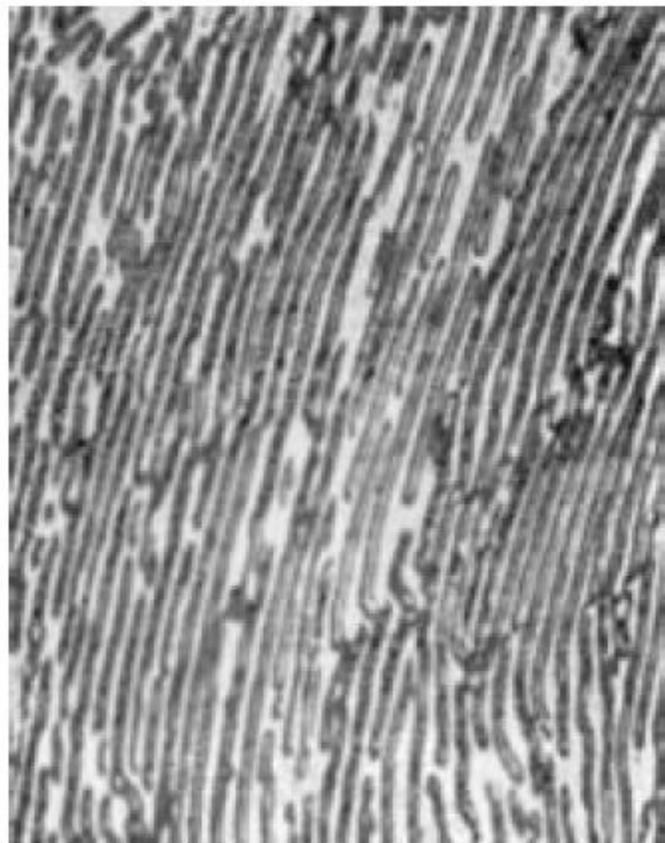
**Типы отжига первого рода**

<b>Вид отжига</b>	<b>Объект</b>	<b>Цель</b>
Гомогенизационный (диффузионный)	Слиток, отливка	Устранение междендритной ликвации
Рекристаллизационный	Деформированный полуфабрикат	Устранение наклепа: разупрочнение, повышение пластичности
Отжиг для уменьшения напряжений	Полуфабрикаты после прокатки,ковки, правки, механической обработки, сварные соединения	Снятие остаточных упругих напряжений

**Общепринятые обозначения линий  
и критических точек на диаграмме  
«железо — цементит»**

<b>Линия</b>	<b>Обозначение</b>		
	<b>общее</b>	<b>при нагреве</b>	<b>при охлаж- дении</b>
<i>GS</i>	$A_3$	$A_{c3}$	$A_{r3}$
<i>PSK</i>	$A_1$	$A_{c1}$	$A_{r1}$
<i>SE</i>	$A_m$	$A_{cm}$	$A_{rm}$

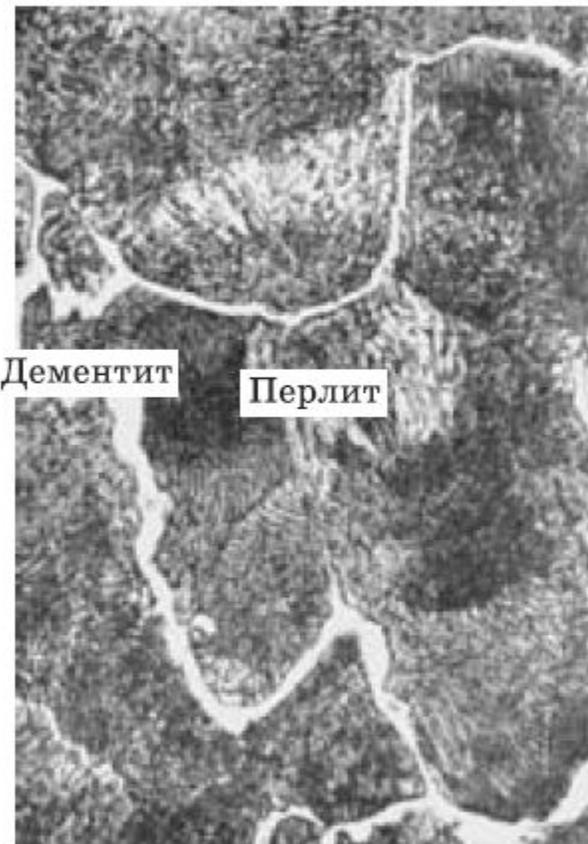
*a*



*б*



*в*



**Рис. 2.22**

Микроструктура сталей после медленного охлаждения:

*a* — эвтектоидная ( $\times 500$ ); *б* — доэвтектоидная ( $\times 200$ ); *в* — заэвтектоидная ( $\times 300$ ).

Таблица 2.8

## Технологические параметры специальных отжигов сталей

Название отжига	Температура нагрева, °С	Условия охлаждения	Применение
Перекристаллизационный (полный)	$A_{c3} + 30 \div 50$	С печью	Доэвтектоидные стали
Нормализация	$A_{c3} + 30 \div 50$	На воздухе	Доэвтектоидные стали
	$A_{c1} + 30 \div 50$	На воздухе	Заэвтектоидные стали
Сфероидизирующий (неполный)	$A_{c1} + 30 \div 50$	С печью	Заэвтектоидные стали

Цель закалки и отпуска — двухэтапной термообработки — состоит в обеспечении повышенной прочности (по сравнению с отжигом и нормализацией) и необходимого комплекса механических свойств.

Таблица 2.10

## Виды отпуска и структуры сталей

Вид отпуска	Температура, °С	Фазовый состав	Применение
Низкий	120–250	Мартенсит отпуска	Измерительные инструменты, штампы холодного деформирования
Средний	350–500	Троостит отпуска	Пружины, рессоры, штамповый инструмент горячего деформирования
Высокий	500–650	Сорбит отпуска	Валы, кулачки, червячные механизмы, шестерни

# Химико-термический метод

В тех случаях, когда необходимо изменить состав заранее определенного слоя металла, предпочтение отдают химико-термической обработке металлов и сплавов.

К этому виду обработки относят:

- цементацию. Заключается в обогащении углеродом и позволяет получить деталь с комбинированными характеристиками – мягкая середина, твердая поверхность;
- азотирование. После обогащения поверхности азотом повышается и коррозионная стойкость и усталостная прочность детали;
- борирование. Верхний слой насыщают бором, что приводит к повышению износостойкости и стойкости в кислотных и щелочных средах;
- алитирование. Заключается в насыщении алюминием и делает детали стойкими к агрессивным газовым средам;
- хромирование.

- Наличие разного количества элементов насыщения позволяет разделить все химико-термические обработки на:
  - однокомпонентные, в которых насыщение проводится одним компонентом (например углеродом, азотом, хромом);
  - многокомпонентные, где металл насыщают одновременно несколькими компонентами (так, при нитроцементации используют азот и углерод, а при боролитировании – бор и алюминий).

Цементация-это поверхностное насыщение углеродом.

Цель цементации увеличить твёрдость и износостойкость поверхностей.

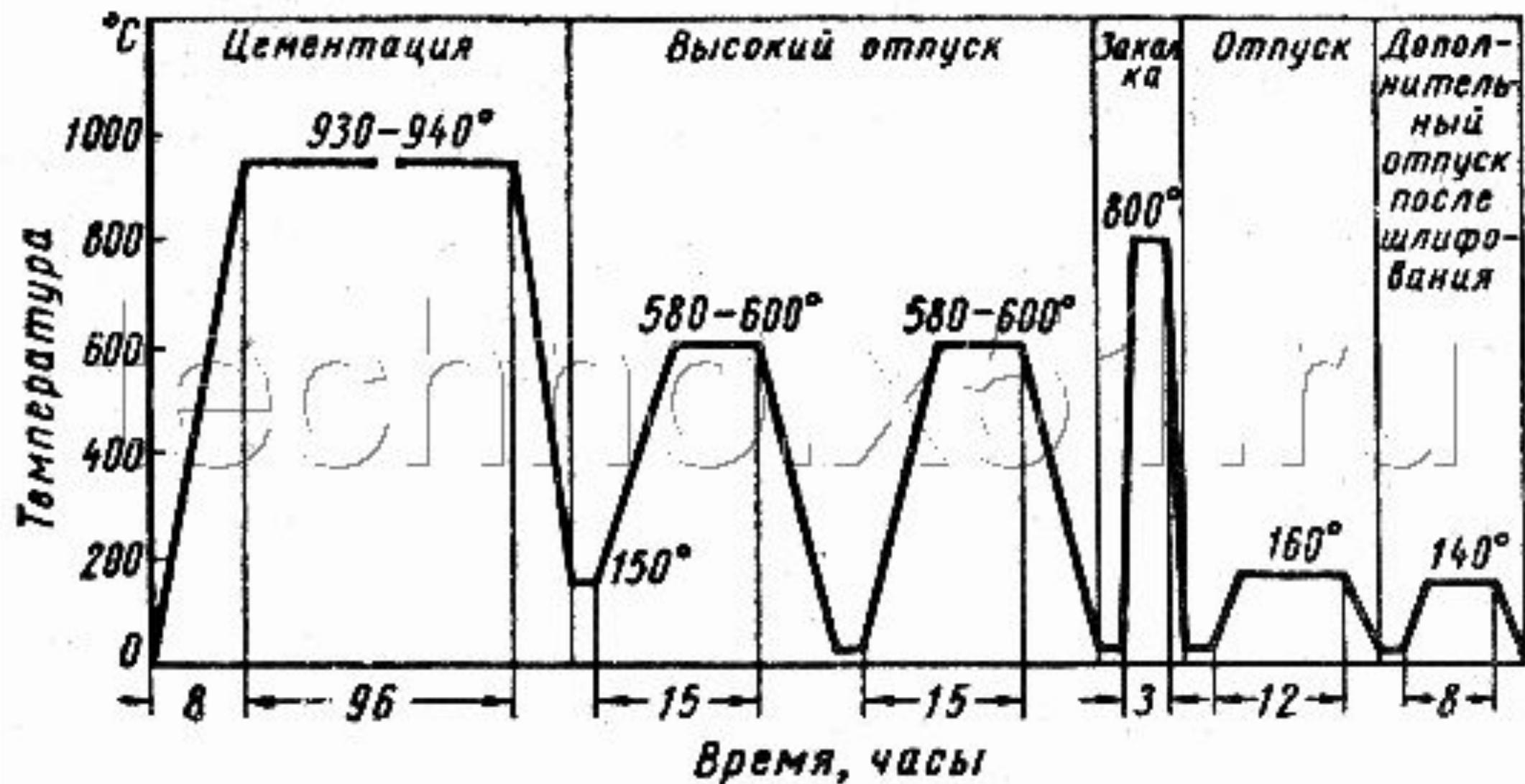
Среда где проводится цементация называется карбюризатор.

Различают 3 вида карбюризаторов:

1-жидкая цементация

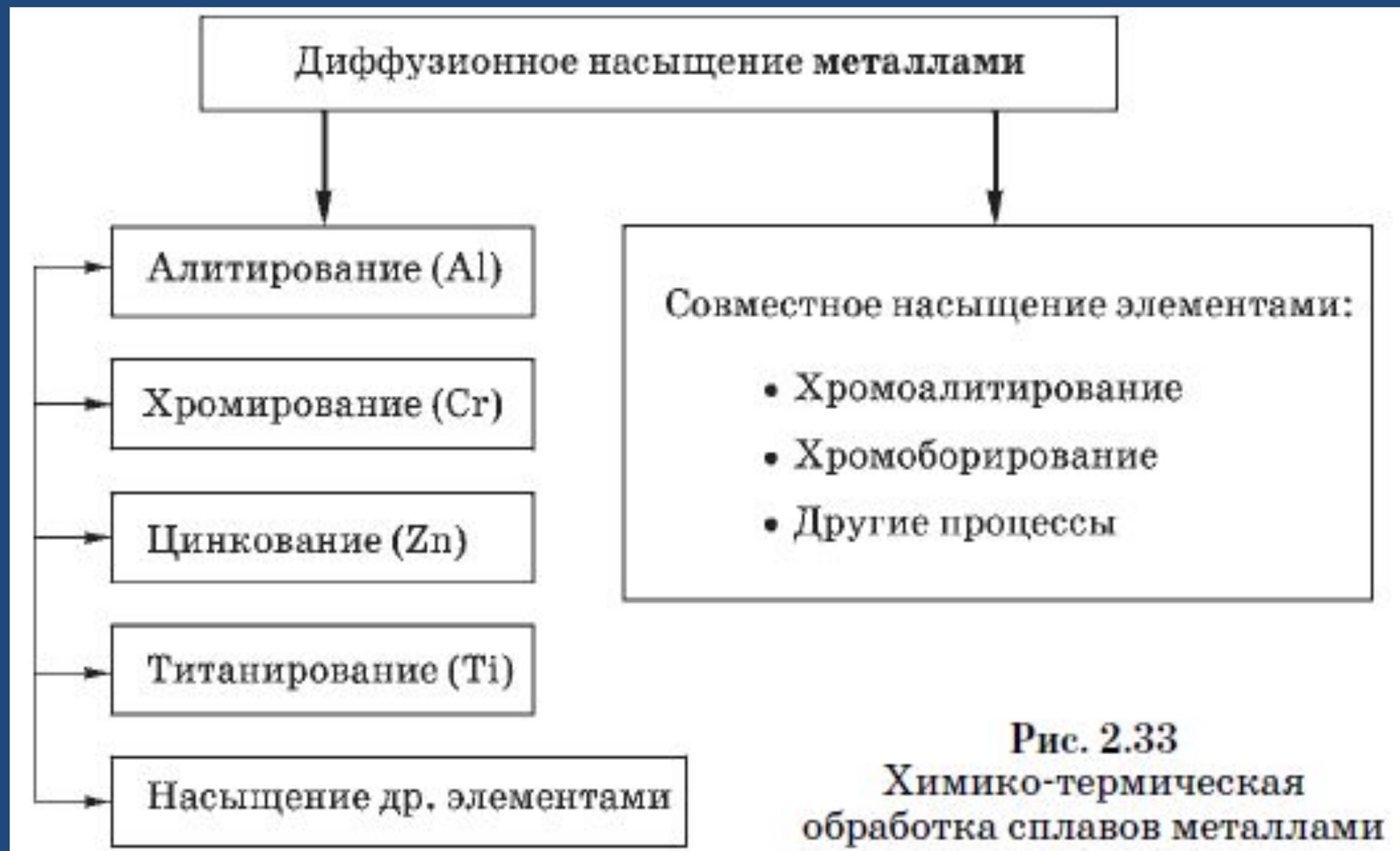
2-твёрдая цементация

3-газовая цементация





**Рис. 2.32**  
Химико-термическая обработка сплавов металлоидами



**Рис. 2.33**  
Химико-термическая  
обработка сплавов металлами

## Параметры процессов ХТО, характеристики слоя и свойства сталей

	Вид ХТО			
		цементация	азотирование	нитроцементация
Технология ХТО	Температура, °С	910–950	500–600	820–860
	Время, ч	5–10	20–60	1
Свойства слоя	<i>h</i> , мм	1,5–2 (до 6)	0,2–0,4	0,3–1
	Твердость, HRC	58–62	62–64	58–64
Особенности термообработки		После ХТО — 2 заковки + отпуск	До ХТО — заковка + отпуск	Совмещение ХТО и ТО: заковка при температуре нитроцементации
Преимущества		Глубокие слои	Высокая твердость слоя	Высокая производительность
Недостатки процесса		Окисление поверхности, необходимость шлифования	Большая длительность	—
Область применения (детали)		Тяжелонагруженные	Детали сложной формы, тонких сечений	Детали нешлифуемые

# Дефекты термической обработки стали

## 1. Недогрев

- Недогрев стали возникает в том случае, когда сталь во время обработки нагревается до температуры ниже критической. В результате этого, к примеру, часть феррита может не превратиться в аустенит.
- После охлаждения аустенит остаётся в закалённой стали, в результате этого образуется особая структура.

- **2. Перегрев.**

- Перегрев возникает, когда сталь перегревается до температуры намного выше критической, или же в случае, когда температура находилось в норме, но была слишком долгая выдержка.
- Перегрев можно исправить путём повторного уже нормального отжига с соблюдением всех норм процесса.

- **3. Пережог.**

- Пережог возникает в случае, когда сталь была нагрета до температуры, которая близка к температуре плавления, в результате чего по границам зерна происходит окисление, что делает сталь достаточно хрупкой.

- **Данный вид дефектов исправить нельзя**

- **4. Окисление и обезуглероживание.**
- Обезуглероживание и окисление стали во время нагрева является результатом взаимодействия с газами, которые находятся в печах.
- В результате данного взаимодействия на поверхности стали образуется окалина (при окислении), а в результате обезуглероживания происходит выгорание углерода, что приводит к образованию структуры феррита.

- 5. Закалочные трещины.** Закалочные трещины возникают при резком нагреве или охлаждении металла.
- 6. Коробление.** Коробление возникает в результате неравномерного охлаждения отдельных частей детали (мест), в результате этого процесса происходит изменение внешней формы.
- 7. Пятнистая закалка.** Пятнистая закалка является дефектом, который возникает при неравномерном охлаждении поверхности детали, которое осуществляется в процессе проведения закалки.



