

# **ЛЕКЦИЯ 7**

**ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ СТАЛИ.**

**ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-  
ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА**

- 1. Отжиг I и II рода: виды, назначение, режимы.**
- 2. Закалка: режим объемной закалки, закалочные среды, способы закалки, поверхностная закалка.**
- 3. Отпуск стали.**
- 4. Термомеханическая обработка.**
- 5. Основы химико-термической обработки стали**

# Отжиг I и II рода: виды, назначение, режимы.

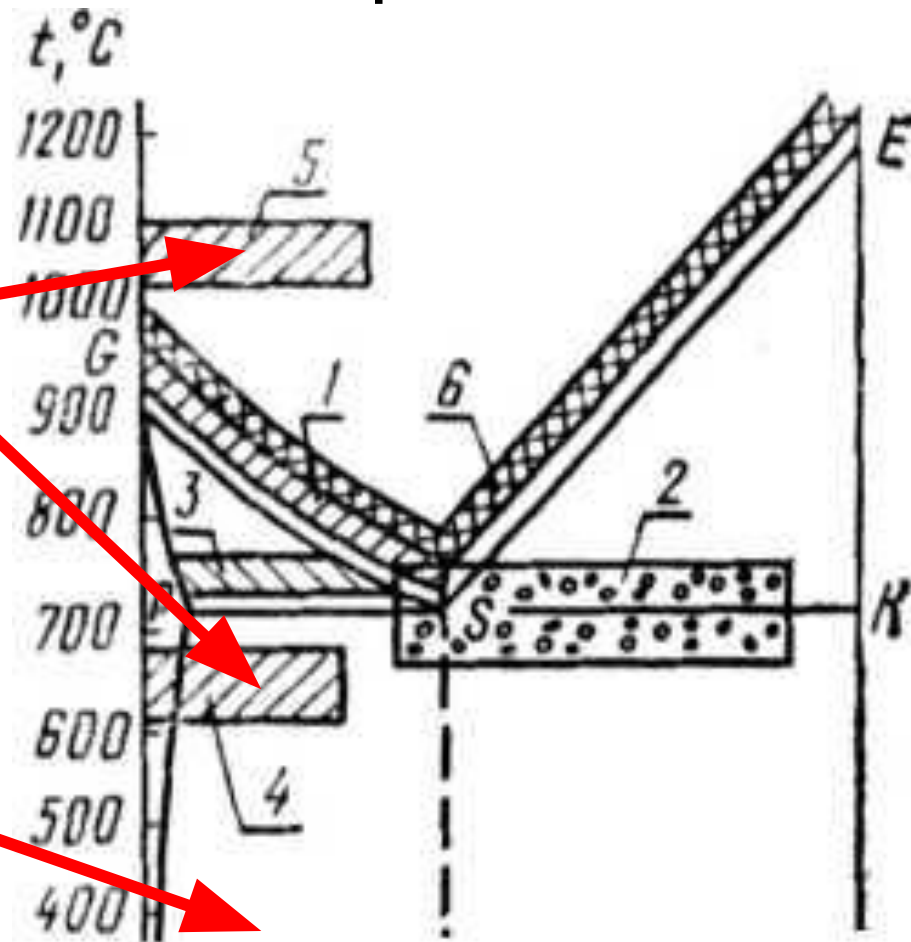
- Отжиг I рода – процесс ТО без фазовых превращений

Виды

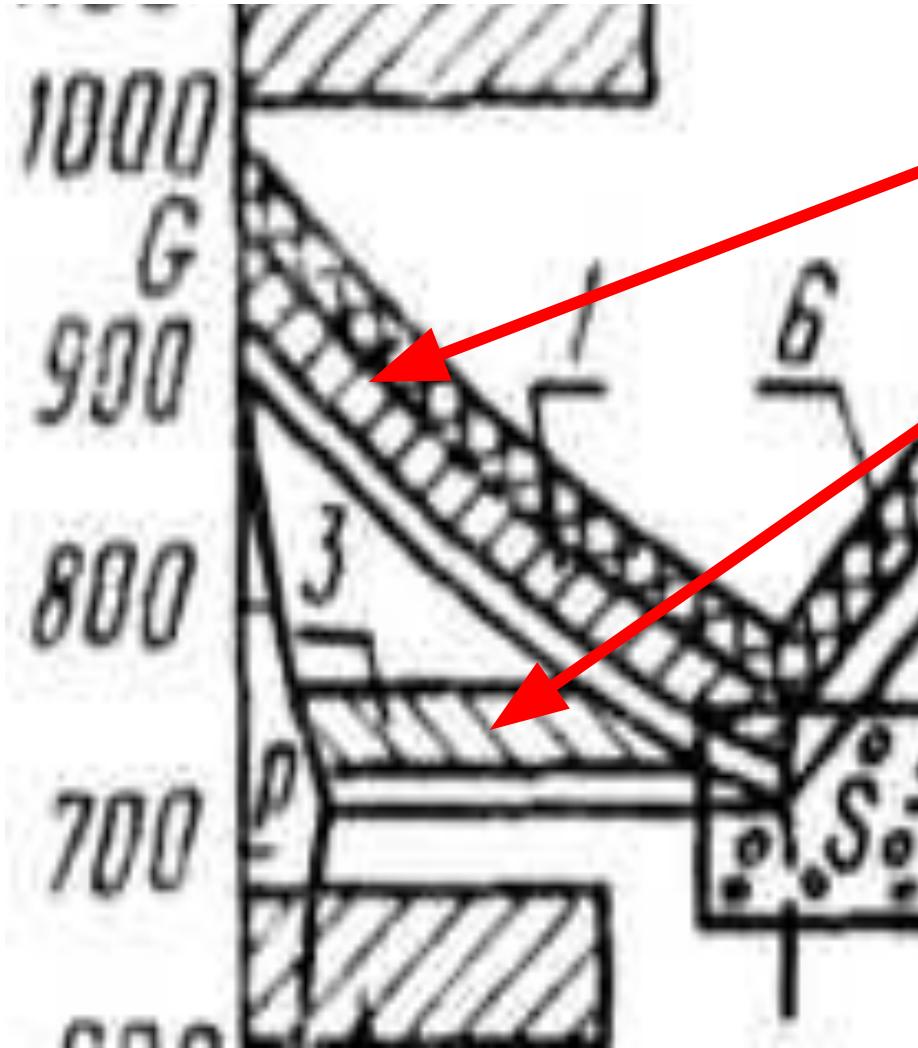
Диффузионный отжиг

Рекресталлизационный  
отжиг

Низкий отжиг



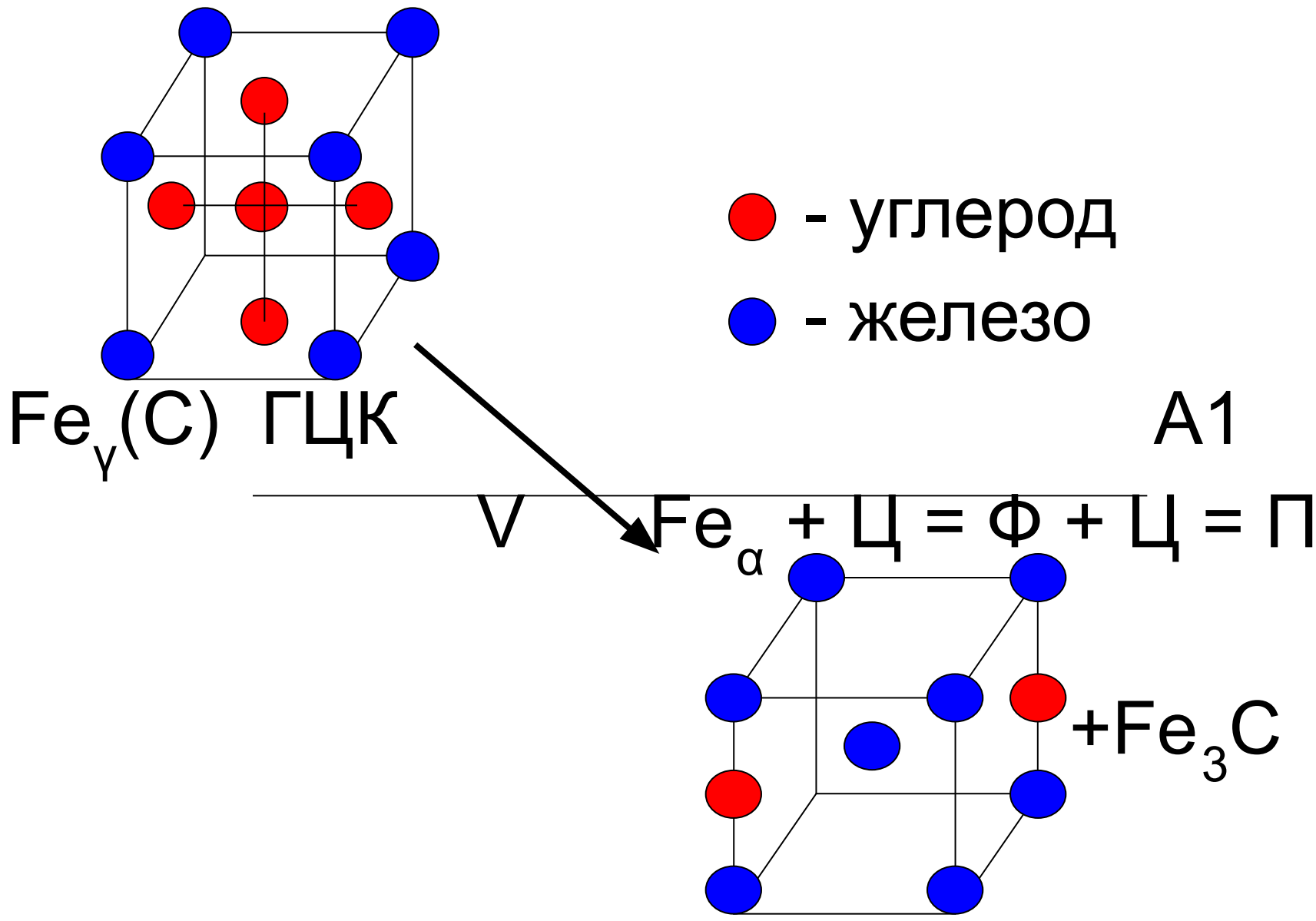
# Отжиг II рода - процессы ТО с использованием фазовых превращений:



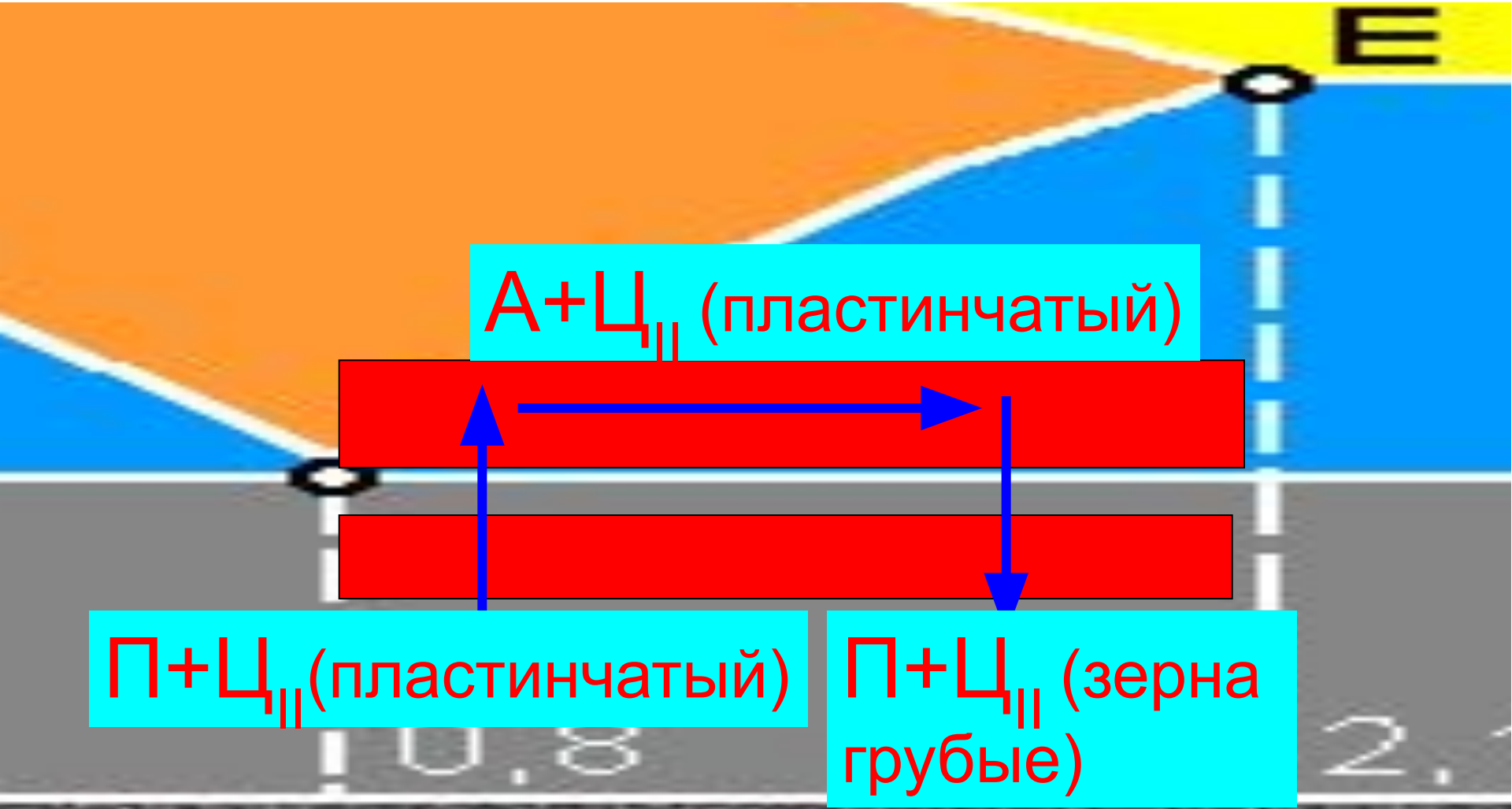
1. полный отжиг доэвтектоидной стали

2. неполный отжиг доэвтектоидной стали

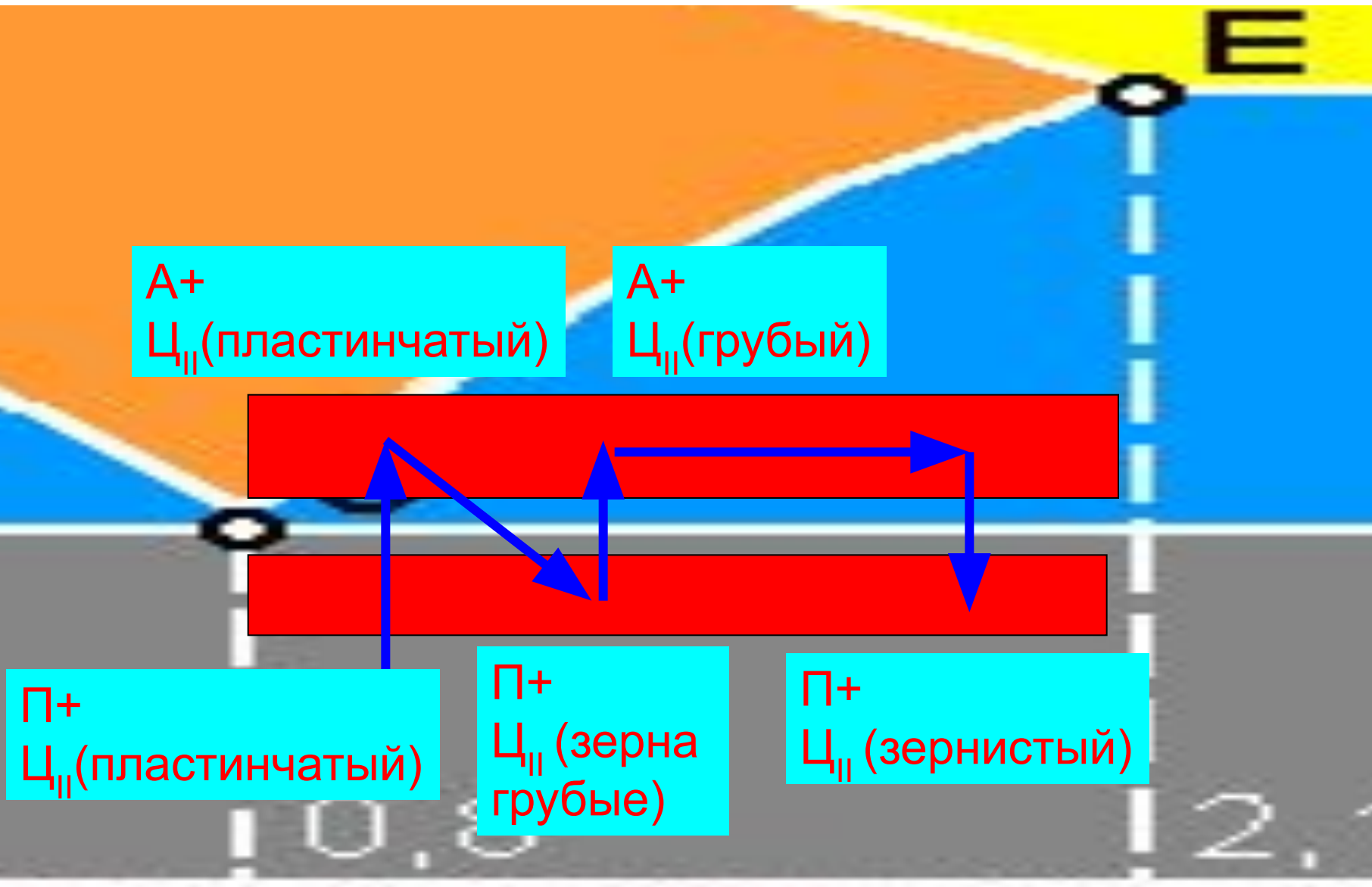
# Распад аустенита при медленном охлаждении



# Неполный отжиг эвтектоидной и заэвтектоидной стали (диффузионный отжиг)



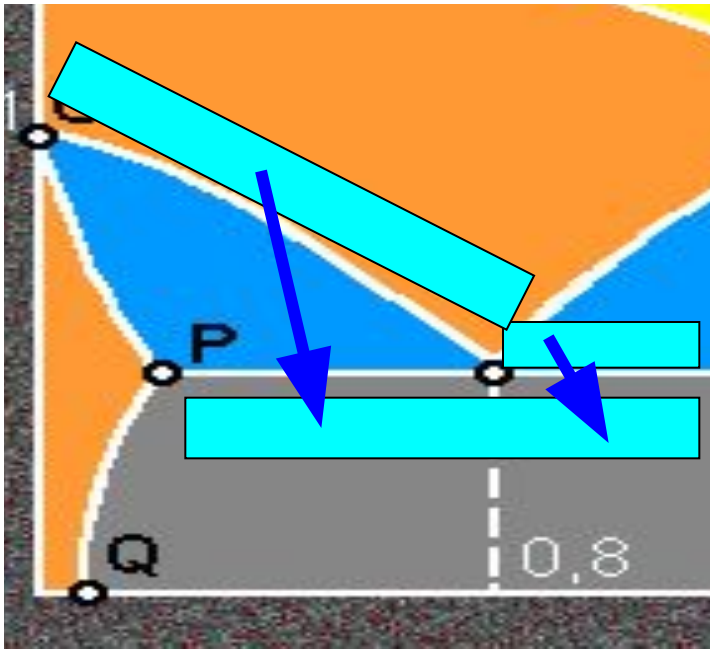
# Маятниковый (циклический отжиг)



# Изотермический отжиг

- образование (Ф+П)ной структуры при  $T = \text{const}$

1. Нагрев до  $T = A_{c3} + 25 \text{ } ^\circ\text{C}$  – доэвтектоидные ст.  
до  $T = A_{c1} + 25 \text{ } ^\circ\text{C}$  – заэвтектоидные ст.
2. Выдержка
3. Медленное охлаждение ( $30 \dots 50 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{час}$ ) до  $T = 650 \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$

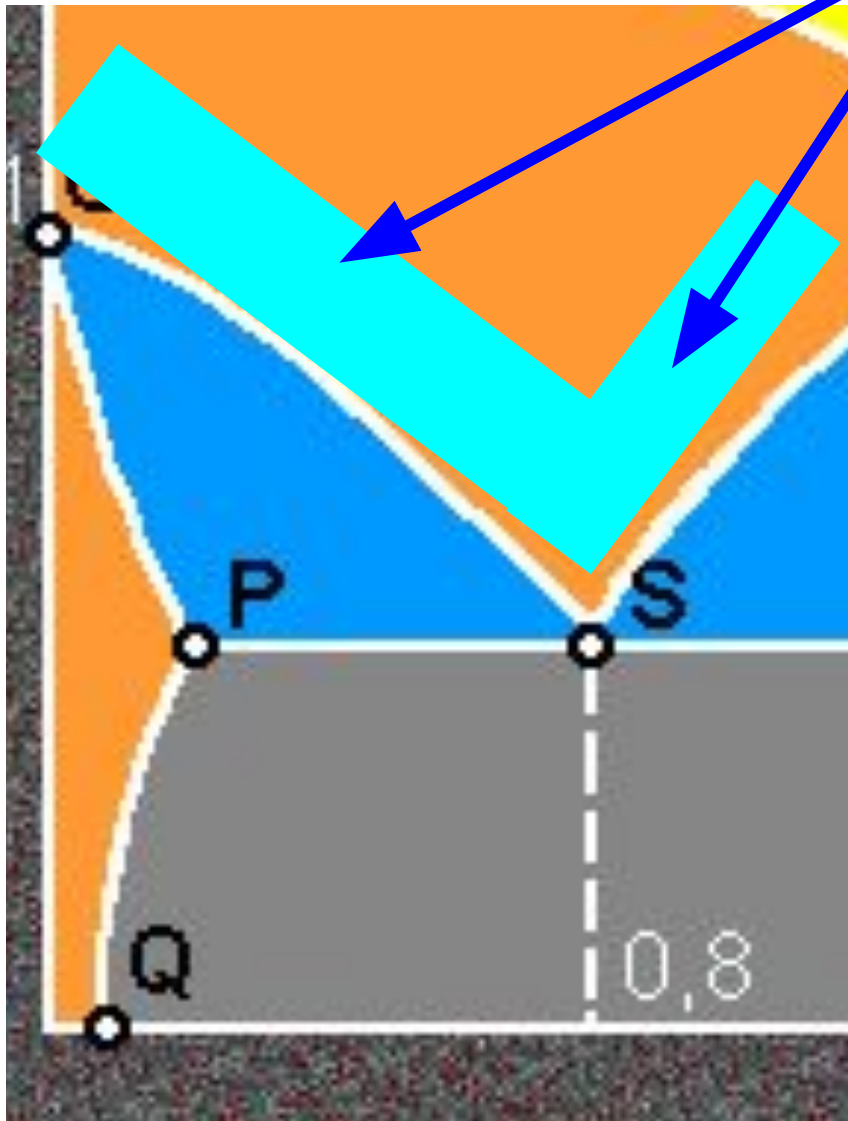


4. Выдержка (1...3 часа)

Применяется чаще для легированных сталей



# Нормализация



1. Нагрев до  $T > A_{c3}$  и  $T > A_{c_{CM}}$  на  $30 \dots 50 \text{ } ^\circ\text{C}$
2. Выдержка
3. Охлаждение на спокойном воздухе

# Закалка стали

- это термическая операция **нагрева** изделия до  $T > A_{c3}$  (доэвтектоидные стали) или до  $T > A_{c1}$  (заэвтектоидные стали) на 30-50 °C
- **выдержки**
- и **охлаждения** со скоростью не ниже критической ( $V_{кр}$ ).

Особенности:

возможны перегрев и пережог  
перегрев → мартенсит

крупноигльчатый



**Закалочные среды:** вода, растворы, масло.

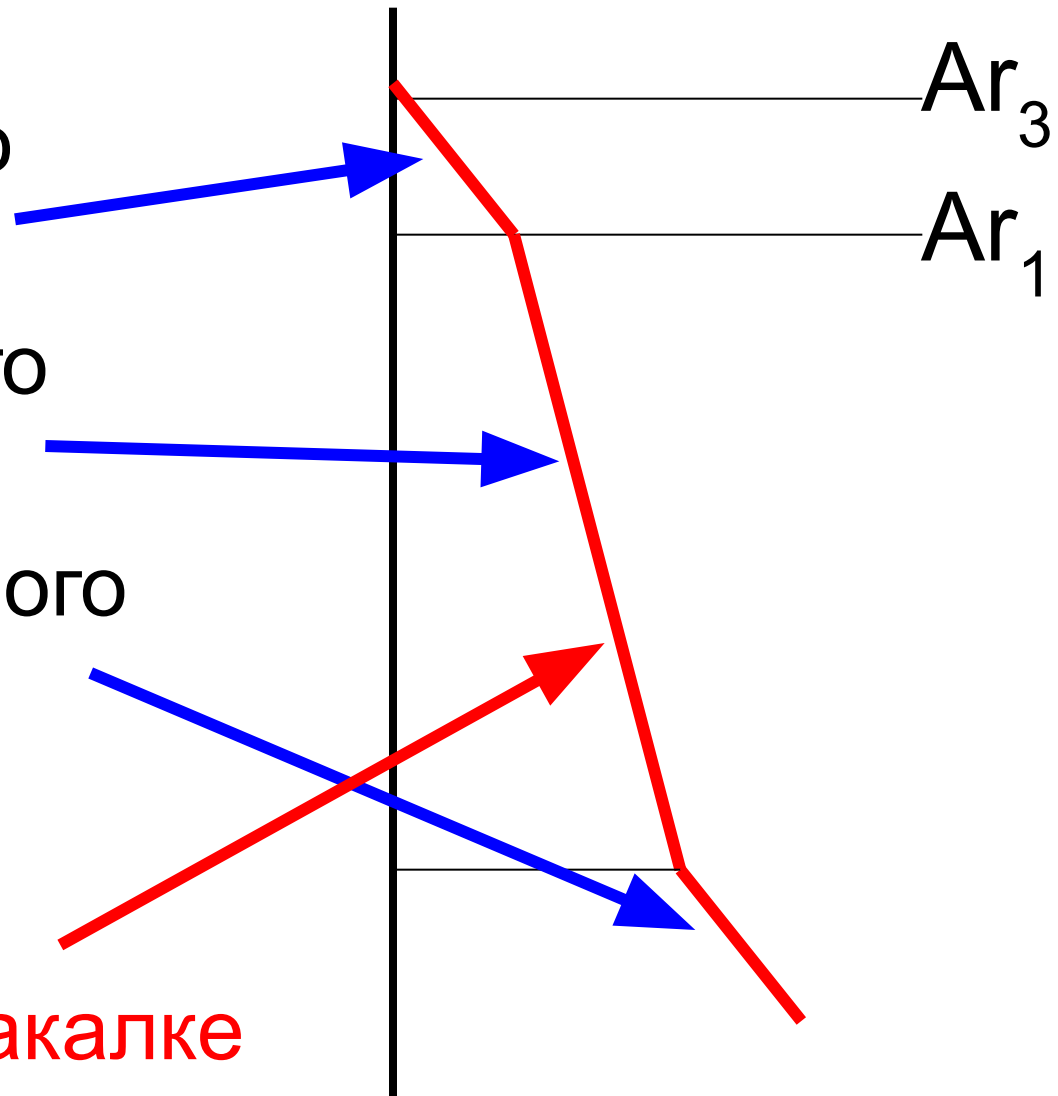
**Влияние скорости нагрева стали 40 на критическую точку  $A_{c3}$  и температуру начала интенсивного роста зерна аустенита  $T_{НИР}$**

Параметры	Скорость нагрева, °C/с		
	6-8	40-50	250-300
$A_{C3}$	775	800	850
$T_{НИР}$	1010	1090	1180
$\Delta T$	235	290	330

# Механизм действия закалочных сред

- стадия пленочного кипения
- стадия пузырьчатого кипения
- стадия конвективного теплообмена

Идеальная кривая  
охлаждения при закалке

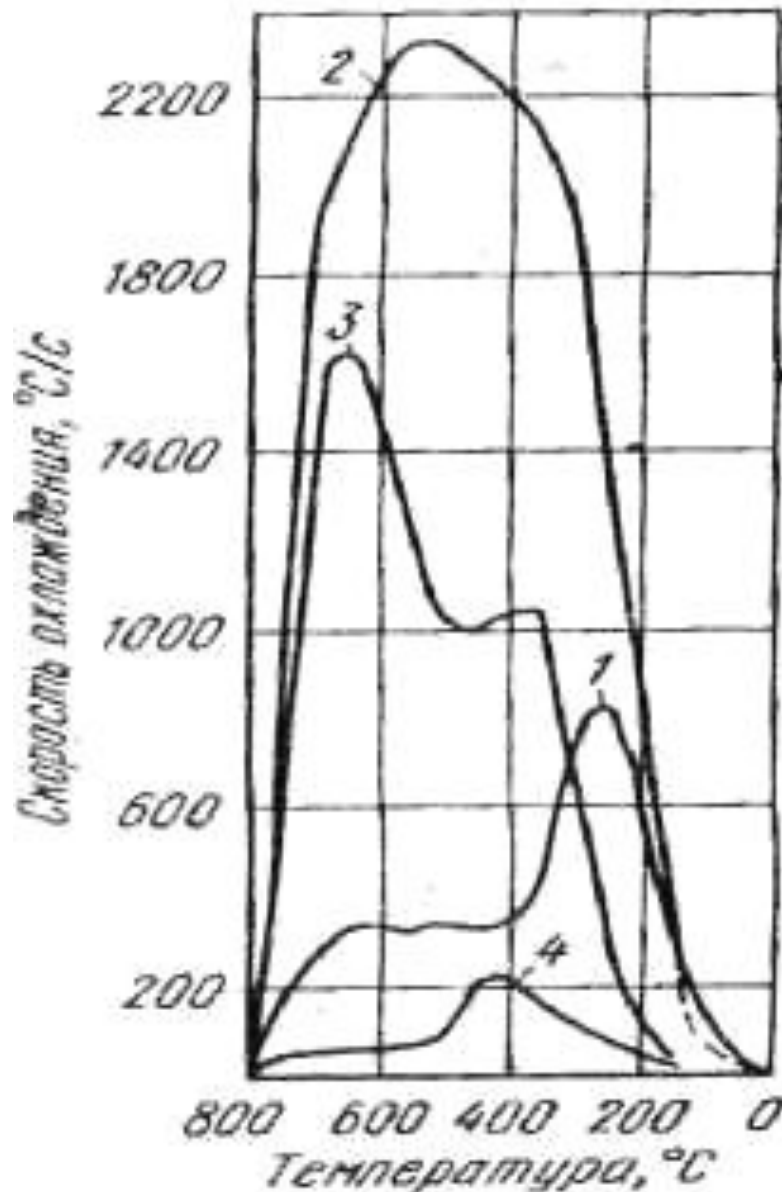


# Зависимости скорости

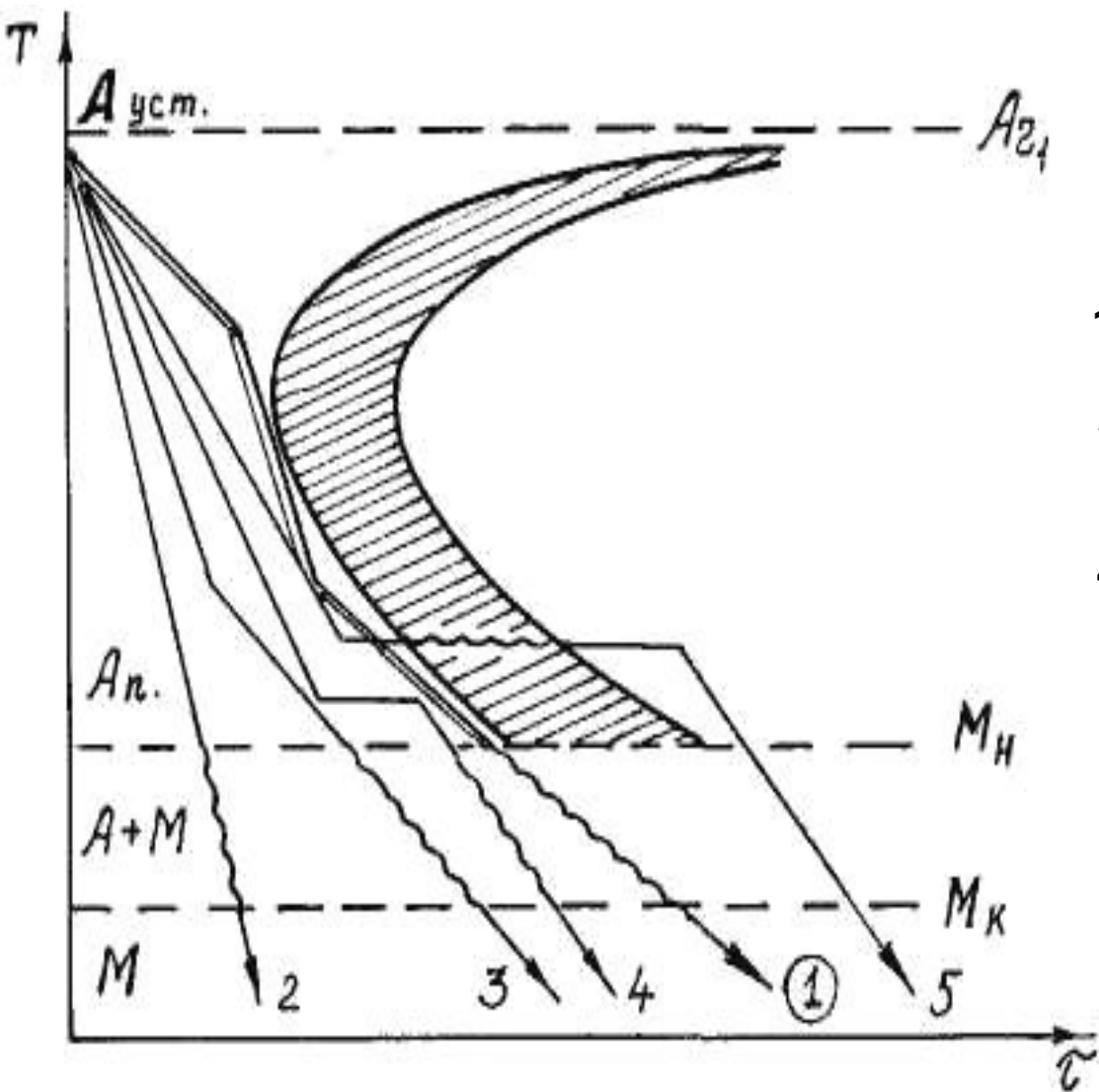
охлаждения в различных закалочных средах

от температуры изделия:

1. - вода при 20 °С;
2. - раствор NaCl - 10%;
3. - раствор NaOH 50%;
4. - масло



# Кривые охлаждения при закалке:



- 1 - идеальной;
- 2 - непрерывной;
- 3 - прерывистой;
- 4 - ступенчатой;
- 5 - изотермической

# Отпуск стали

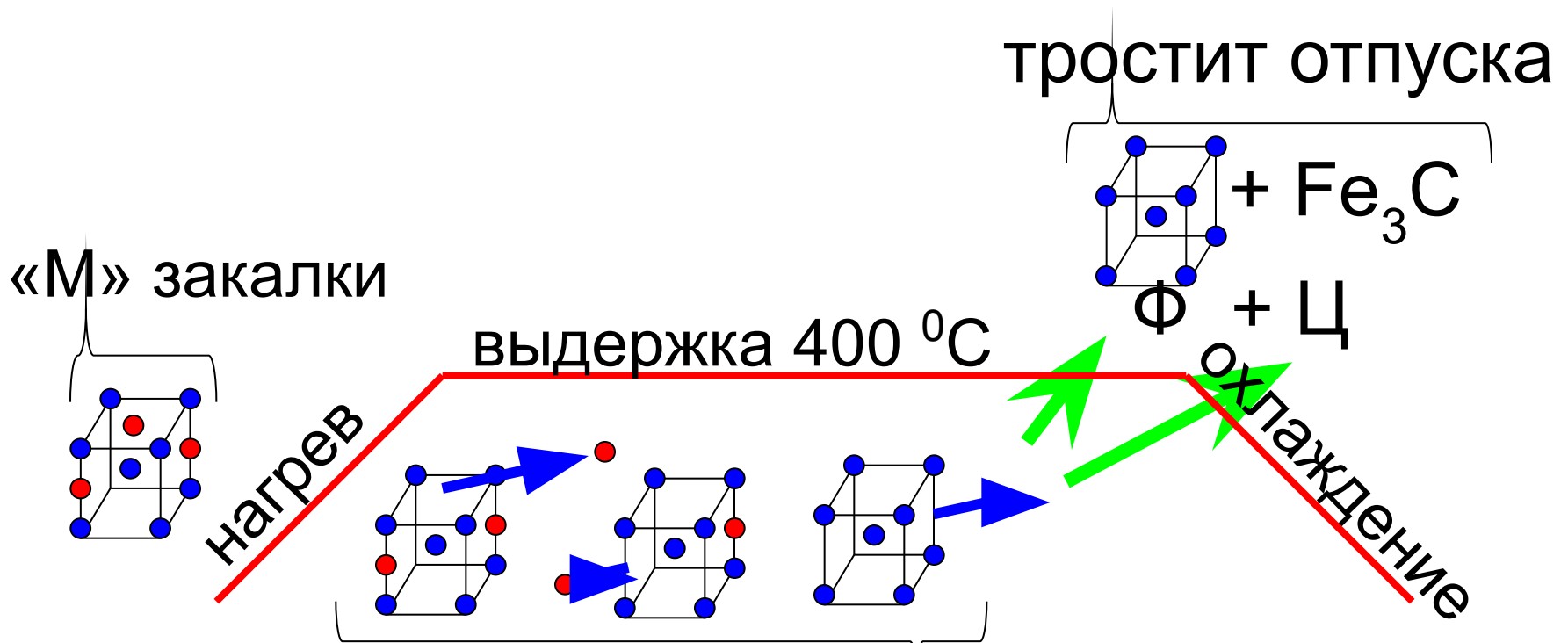
- **нагрев** закаленной стали до температуры ниже  $A_1$ , **выдержка** и **охлаждение**

Главная цель – **снятие хрупкости мартенсита**

Виды отпуска:

1. низкий
2. средний
3. высокий

# Процесс структурного превращения при среднем отпуске



Из тетрагональной решетки мартенсита выходит весь избыточный углерод, который образует  $\text{Fe}_3\text{C}$  (Ц); ячейка мартенсита становится ОЦК, т.е. превращается в  $\Phi$



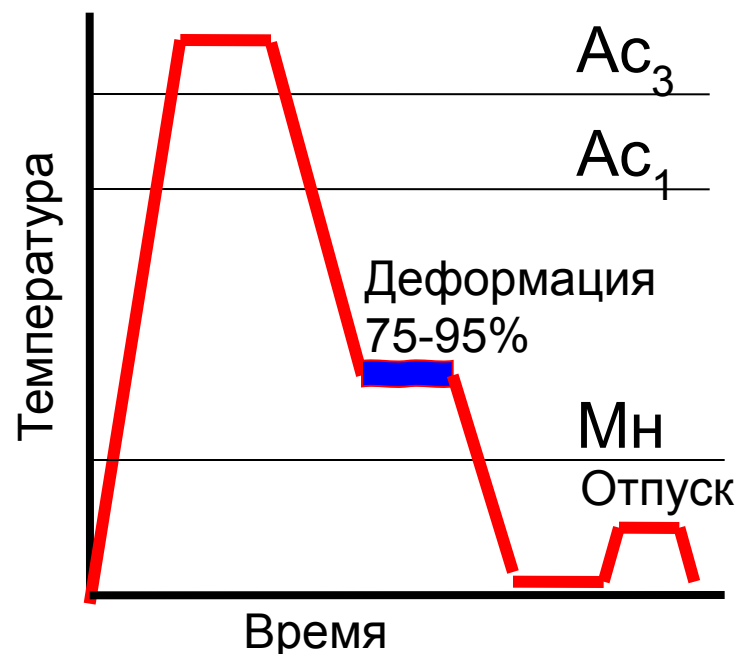
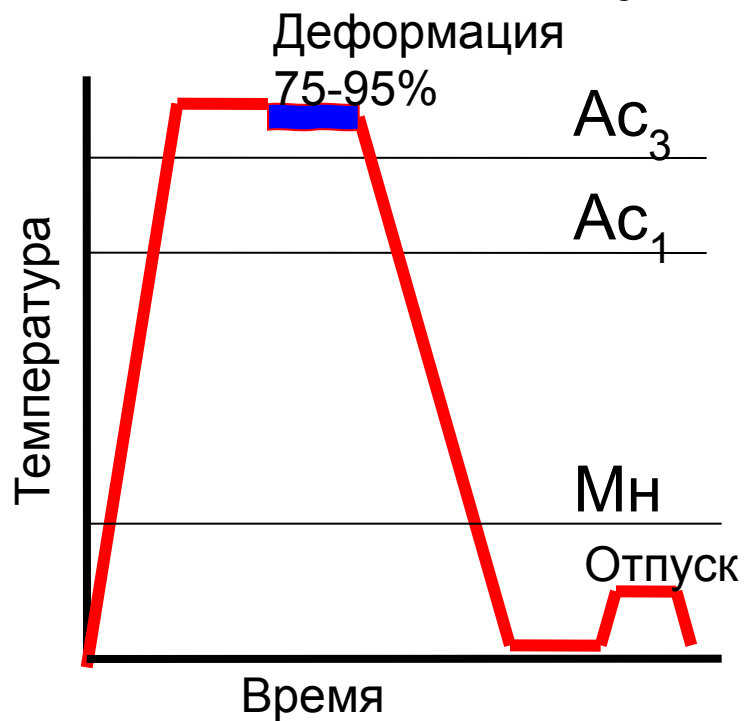
# Термомеханическая обработка (ТМО)

- обработка сочетающая элементы деформирования (механическая обработка) и нагрева

## Виды ТМО

Высокотемпературный

Низкотемпературный

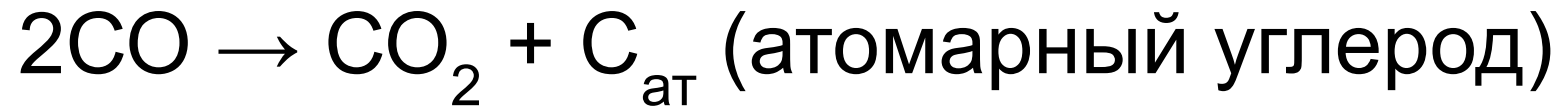
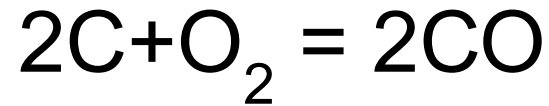


# Химико-термическая обработка (ХТО)

- **Сущность процессов:** насыщение поверхности изделий нужными элементами при высокой температуре
- Виды
  1. Азотирование (N)
  2. Науглероживание (цементация) (C)
  3. Цианирование (C,N)
  4. Сульфидирование (S)

# Сущность цементации

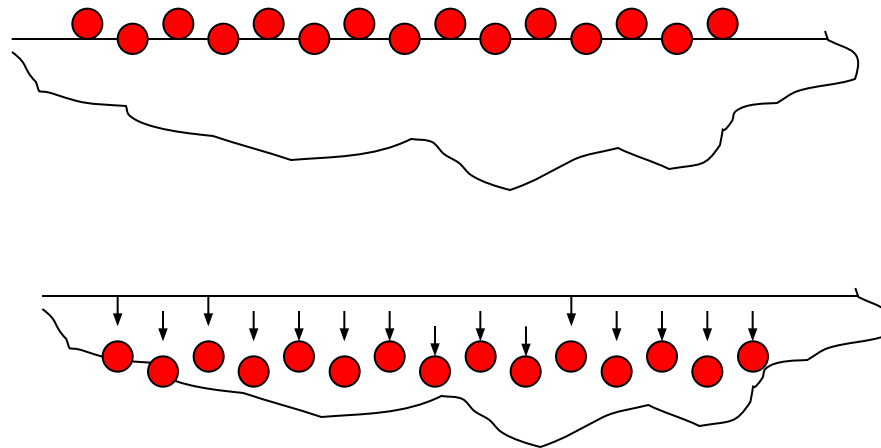
- **Диссоциация:**



- **Адсорбция:**

контакт тирование атомарного  $\text{C}_{\text{ат}}$  с  
поверхностью и растворение в ней

- **Диффузия:**



# Диффузионное насыщение (диффузионная металлизация)

## Виды

- **Аллитирование – (Al)**
- **Хромирование – (Cr)**
- **Силицирование – (Si)**