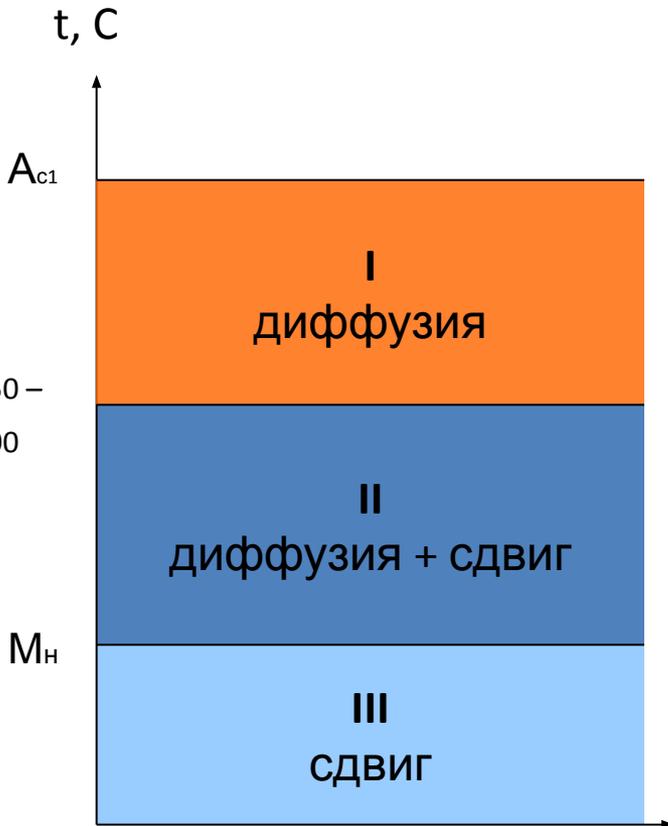


Лекция 4

Фазовые превращения в сталях при охлаждении

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ

Аустенит является высокотемпературной фазой, и при температуре ниже A_{c1} будет претерпевать тот или иной тип превращения. Аустенит, имеющий температуру ниже A_{c1} , но не претерпевший превращения, называется **переохлажденным**. Конечная структура после охлаждения зависит от механизма превращения аустенита, определяемого температурным интервалом превращения.



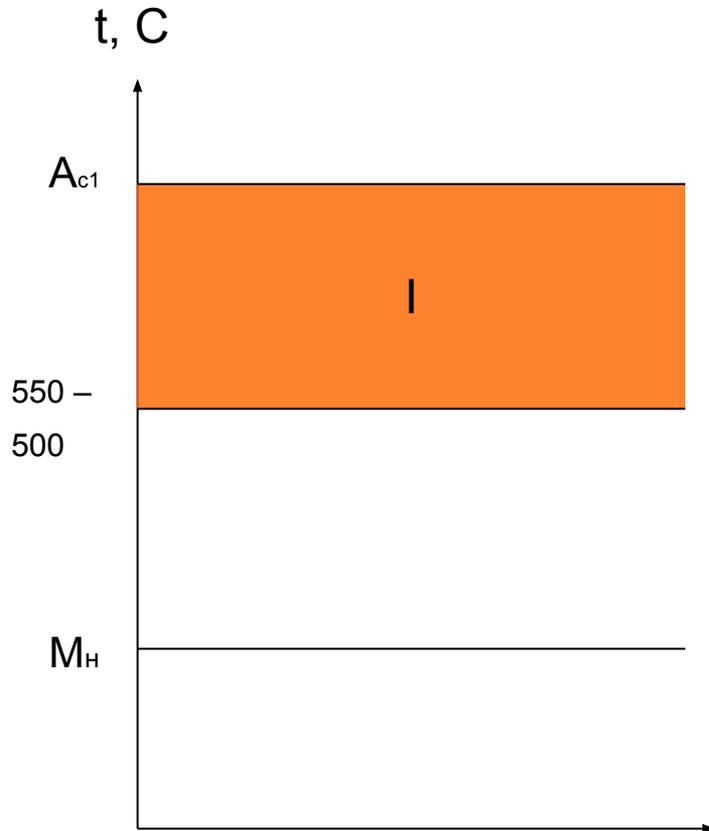
I область: диффузионная подвижность атомов C, Fe и др. высока, превращение идет путем отрыва атомов от кристаллической решетки аустенита и присоединения их к решеткам образующихся фаз феррита и цементита – **перлитное превращение**

II область: практически полное отсутствие диффузионной подвижности атомов Fe и л.э. при сохранении некоторой подвижности атомов C, превращение идет по смешанному диффузионно-сдвиговому механизму – **бейнитное превращение**

III область: диффузионная подвижность атомов Fe, C и легирующих элементов подавлена, превращение идет сдвиговым путем – **мартенситное превращение**

Фазовые превращения при охлаждении: перлитное превращение

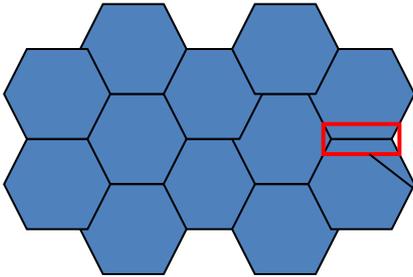
Аустенит является высокотемпературной фазой, и при температуре ниже A_{c1} будет претерпевать тот или иной тип превращения. Аустенит, имеющий температуру ниже A_{c1} , но не претерпевший превращения, называется **переохлажденным**. Конечная структура после охлаждения зависит от механизма превращения аустенита, определяемого температурным интервалом превращения.



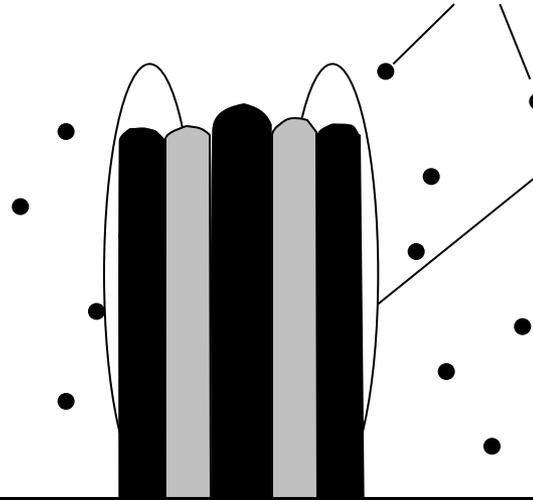
I область: диффузионная подвижность атомов C, Fe и др. высока, превращение идет путем отрыва атомов от кристаллической решетки аустенита и присоединения их к решеткам образующихся фаз феррита и цементита – **перлитное превращение**

ПЕРЛИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

Исходная структура -
аустенит



Цементитная пластинка растет за счет отвода атомов углерода из прилегающих объемов аустенита

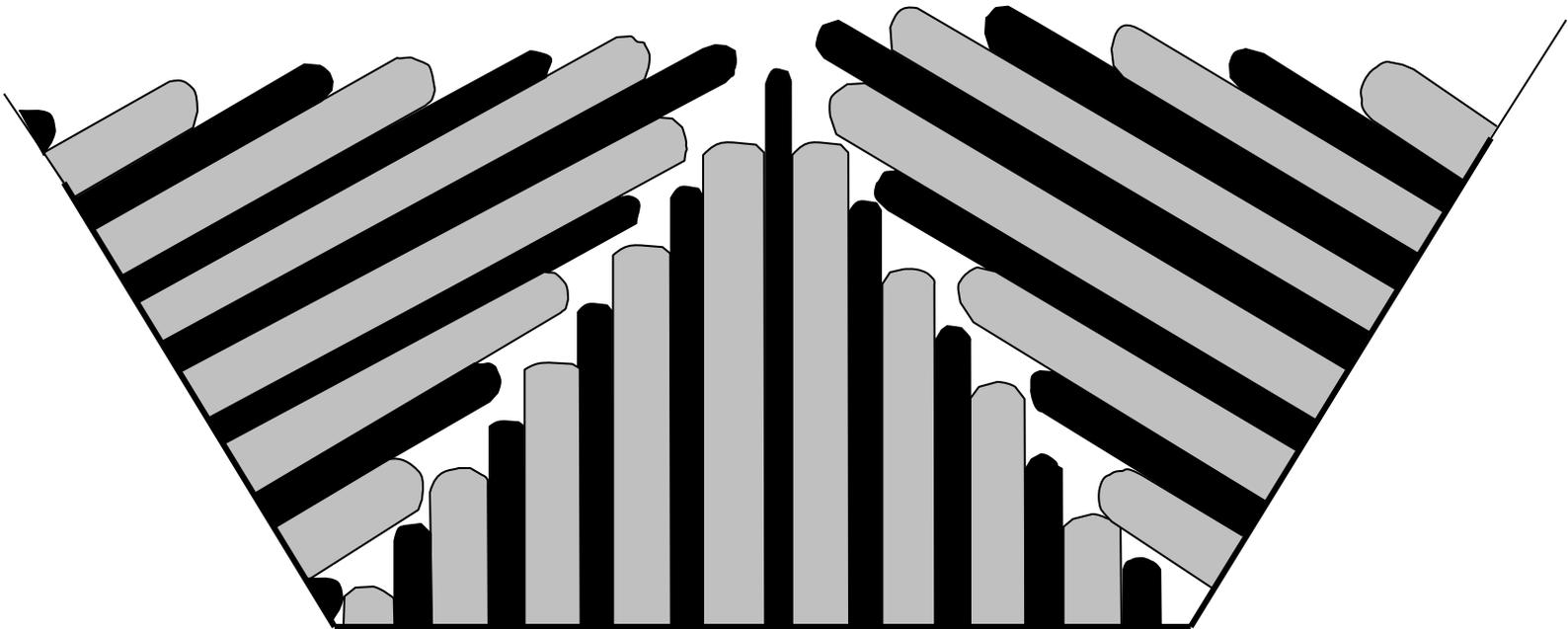


При этом, прилегающие к пластинке объемы аустенита обогащаются атомами углерода, что облегчает образование и рост цементитных пластин

Зародыш перлита образуется на границах аустенитного зерна, так как здесь легко образуются микрообъемы с повышенной концентрацией углерода, в которых может начаться образование цементита

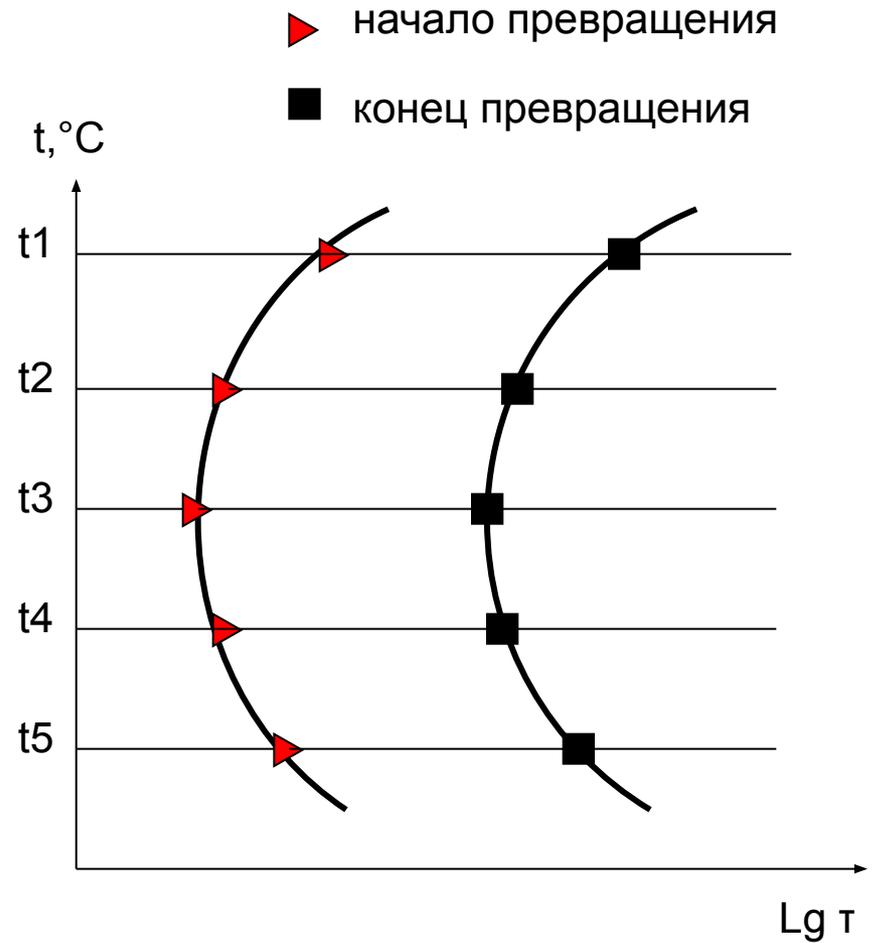
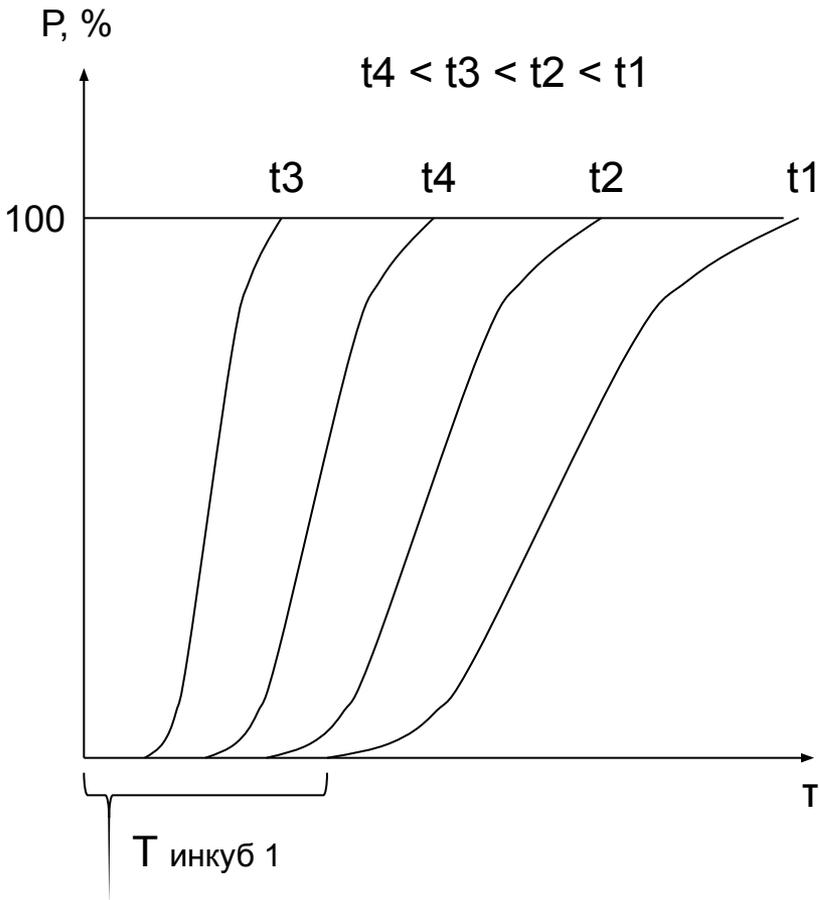
ПЕРЛИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

Перлитная колония продолжает расти от границы аустенитного зерна до момента встречи с другой колонией, растущей от противоположной границы:



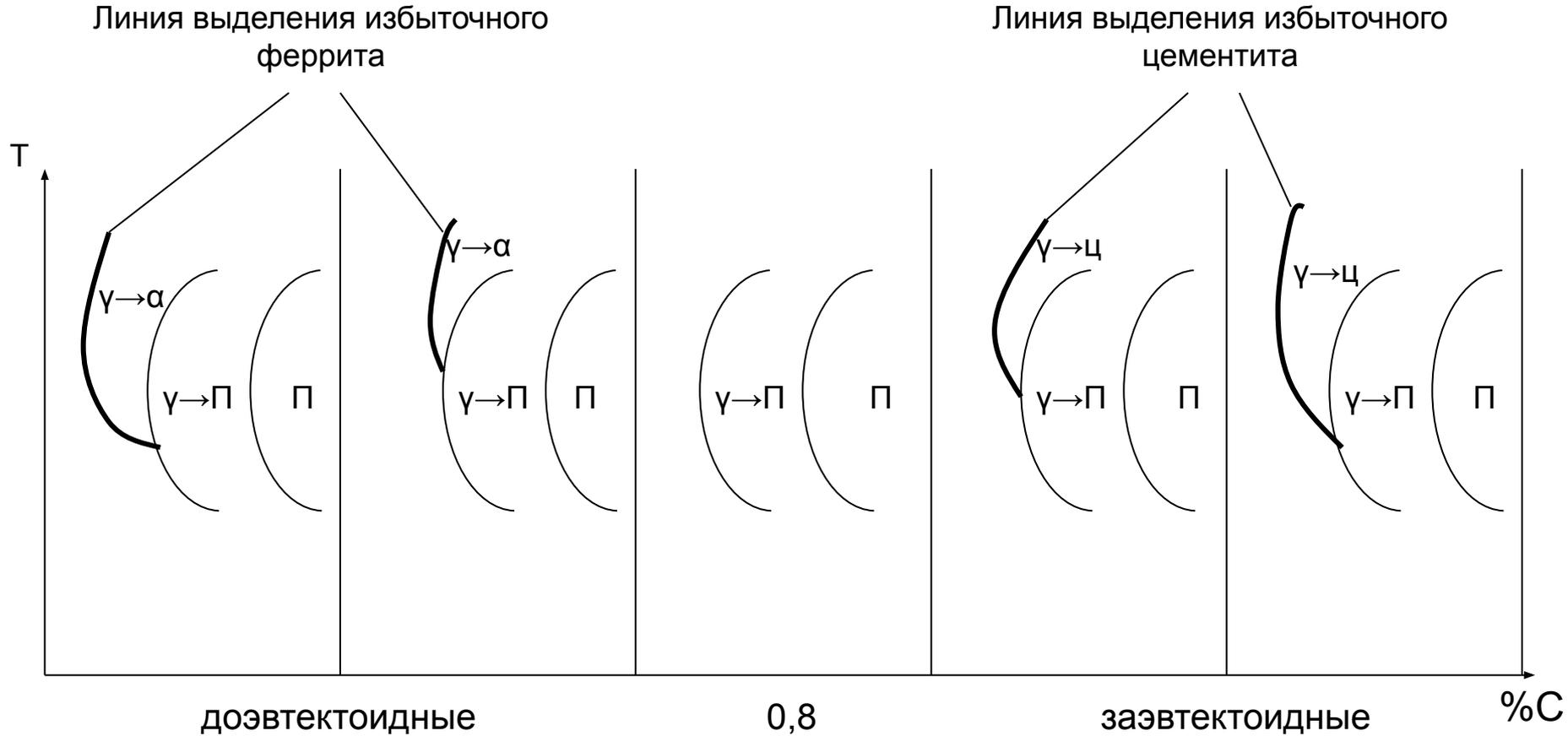
ПЕРЛИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

Кинетика распада переохлажденного аустенита по перлитному механизму.



ПЕРЛИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

Типы изотермического распада переохлажденного аустенита по перлитному механизму в углеродистых сталях.



Основные структурные формы продуктов распада переохлажденного аустенита при перлитном превращении

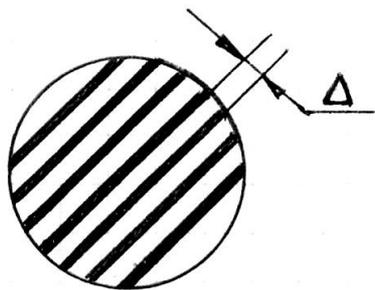
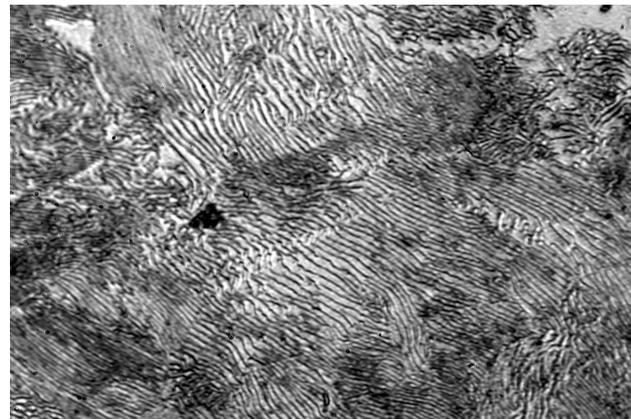
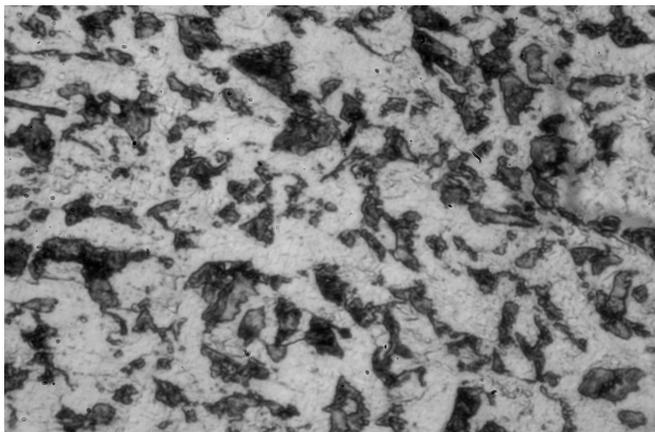


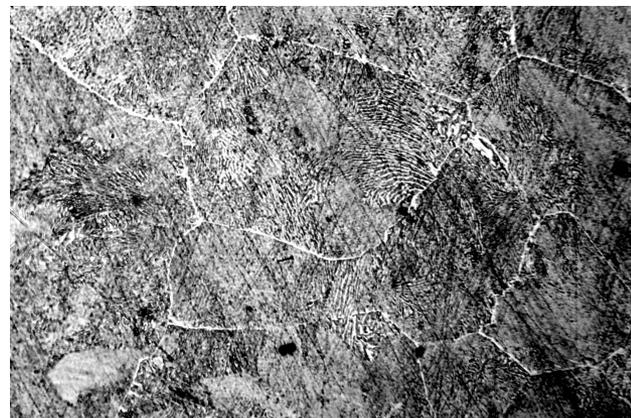
Схема перлитной колонии. Δ-
межламельное (межпластинчатое)
расстояние



Эвтектоидная сталь



Доэвтектоидная сталь



Заэвтектоидная сталь

Факторы, влияющие на устойчивость переохлажденного аустенита при перлитном превращении

Химический состав аустенита

- Содержание углерода
- Содержание легирующих элементов
- В доэвтектоидных сталях, чем выше содержание углерода, тем труднее происходит образование избыточной малоуглеродистой фазы (феррита), следовательно, тем выше устойчивость переохлажденного аустенита.
- В заэвтектоидных сталях – чем выше содержание углерода, тем легче образуется избыточный цементит, и тем меньше устойчивость переохлажденного аустенита.
- Содержание легирующих элементов.
- Все легирующие элементы, кроме кобальта, повышают устойчивость переохлажденного аустенита.

Величина аустенитного зерна

- Так как перлитное превращение начинается на границах аустенитных зерен, то чем меньше размер зерна, тем больше суммарная протяженность границ зерен, тем больше мест зарождения новых фаз, следовательно, тем ниже устойчивость переохлажденного аустенита.

Металлургическая природа стали

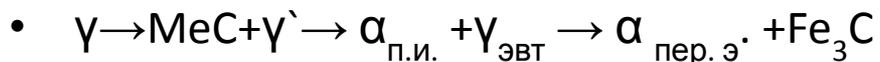
- Раскисление стали при выплавке может производиться марганцем, кремнием и алюминием. При раскислении алюминием образуются трудно растворимые соединения типа Al_2O_3 . наличие трудно растворимых частиц обеспечивает наследственно мелкозернистую структуру, а следовательно меньшую устойчивость переохлажденного аустенита.
- Наличие нерастворенных частиц вторых фаз
- Присутствие в аустените нерастворенных частиц феррита, цементита, специальных карбидов, интерметаллидов, неметаллических включений ускоряет процессы распада переохлажденного аустенита по I ступени. Указанные частицы могут быть подложками для образования новой фазы и снижать работу образования зародышей новой фазы. Распад переохлажденного аустенита протекает в этом случае по несамопроизвольному механизму.
- 1 – выделение избыточного феррита
- 2 – образование феррита эвтектоида

Гомогенность аустенита

- различают следующие неоднородности (негомогенности) аустенита:
- зональная ликвация (неустранимый брак, металл идет в переплавку) устойчивость переохлажденного аустенита различна в зависимости от положения по высоте слитка.
- 1. дендритная (внутризеренная) ликвация
- связана с тем, что диффузионные процессы выравнивания состава отстают от процессов кристаллизации.
- Дендритная ликвация может быть частично или полностью устранена высокотемпературным нагревом в аустенитной области. Высокая температура аустенитизации обеспечивает повышенную диффузионную подвижность атомов легирующих элементов и выравнивание состава под действием градиента концентрации. Такой высокотемпературный нагрев называется гомогенизирующим отжигом

Влияние химического состава стали на перлитное превращение в легированных сталях

- Перлитное превращение состоит в полиморфном превращении аустенита в феррит, перераспределении углерода и легирующих элементов и образовании ферритно-карбидной смеси. Легирующие элементы, уменьшая диффузионную подвижность атомов углерода и железа замедляют полиморфное превращение аустенита в феррит.
- Если в сталь введены сильные карбидообразующие элементы, то возможно формирование специальных карбидов на разных этапах перлитного превращения.
- Если сталь легирована Ti, Nb, V, Zr то на всех этапах перлитного превращения формируется карбидная фаза типа MeC.
- Специальные карбиды этих элементов выделяются из переохлажденного аустенита, из избыточного феррита и из феррита эвтектоида.



• где $\alpha_{\text{п.и.}}$ – пересыщенный по углероду избыточный феррит

• $\alpha_{\text{пер.э.}}$ - пересыщенный по углероду феррит эвтектоида

• $\alpha_{\text{р.э.}}$ - равновесный феррит эвтектоида