



## Лекція 3

# Кристаллізація

Поток 21 МС

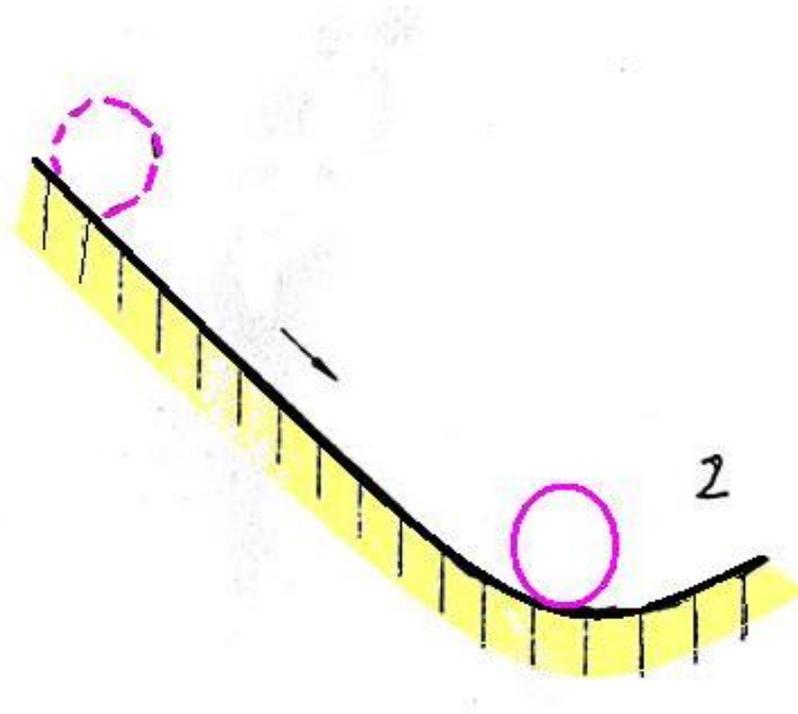
Автор доц. Тарабанова В.П.

# План лекции

1. Виды кристаллизации
2. Параметры кристаллизации
3. Виды модификаторов
4. Факторы, влияющие на скорость затвердевания

# Связь между свободной энергией и стабильностью системы

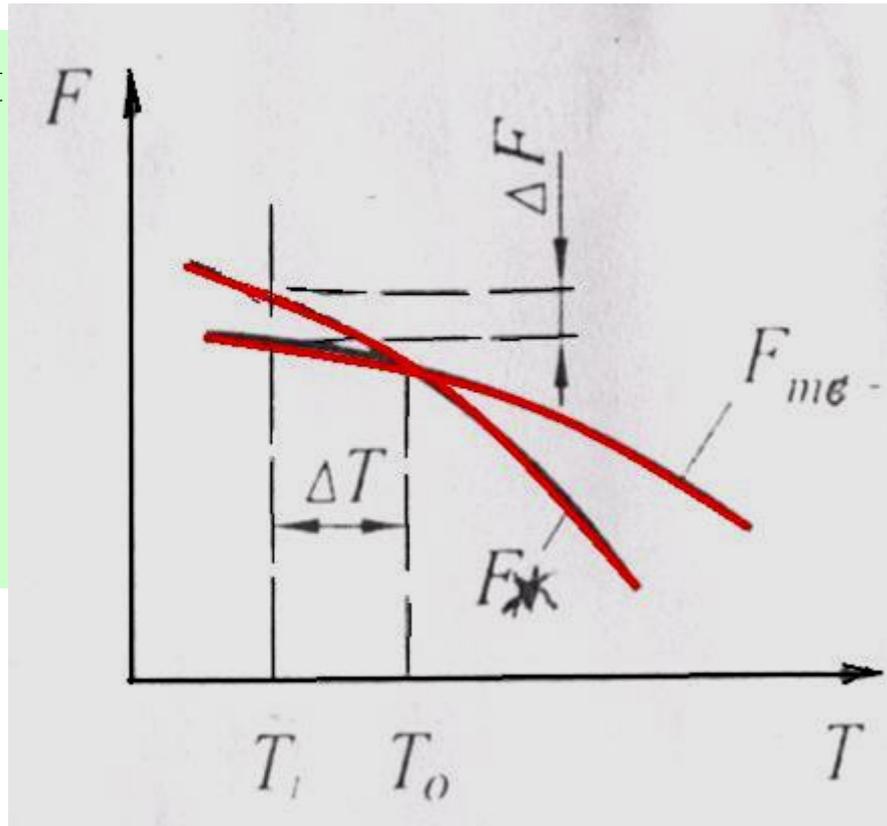
Действующей силой любого превращения есть уменьшение свободной энергии, которая характеризует стабильность системы



Шарик, находящийся в положении 1 и обладающий большой свободной энергией, стремится скатиться в положение 2, когда он обладает наименьшей свободной энергией

# Изменение свободной энергии вещества в жидком $F_{ж}$ и твердом $F_{тв}$ состоянии

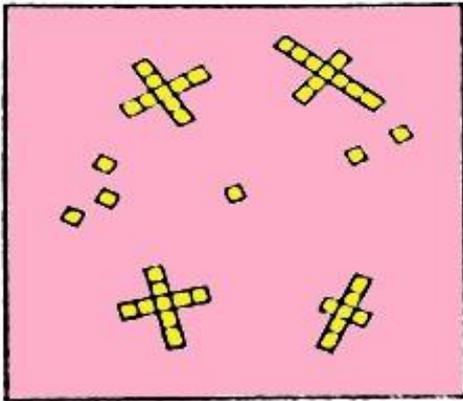
При равновесной или теоретической температуре кристаллизации  $T_0$  кривые пересекаются



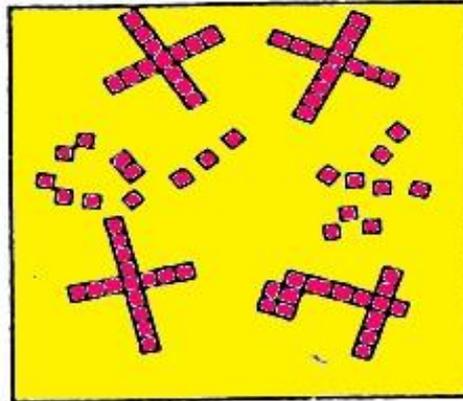
Выше  $T_0$   
 $F_{ж} < F_{тв}$   
и стабильным является жидкий материал

Выше  $T_0 \rightarrow F_{тв} < F_{ж}$  и стабильным является твердый материал

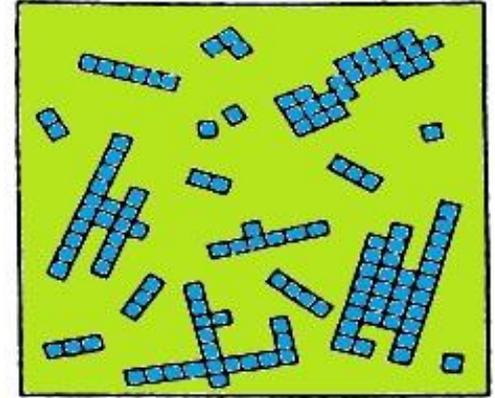
# Последовательные этапы процесса кристаллизации металла



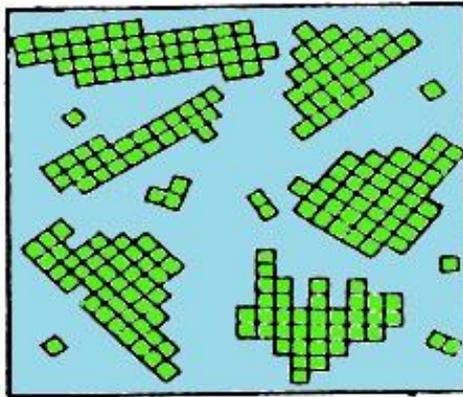
*a*



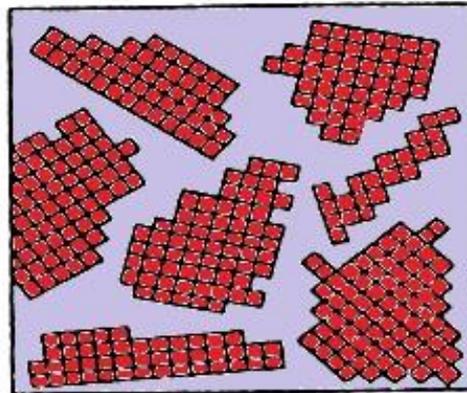
*b*



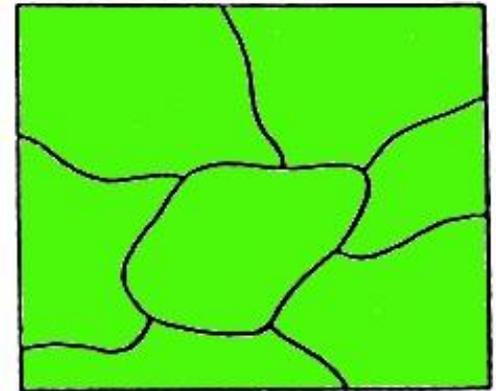
*v*



*z*



*d*



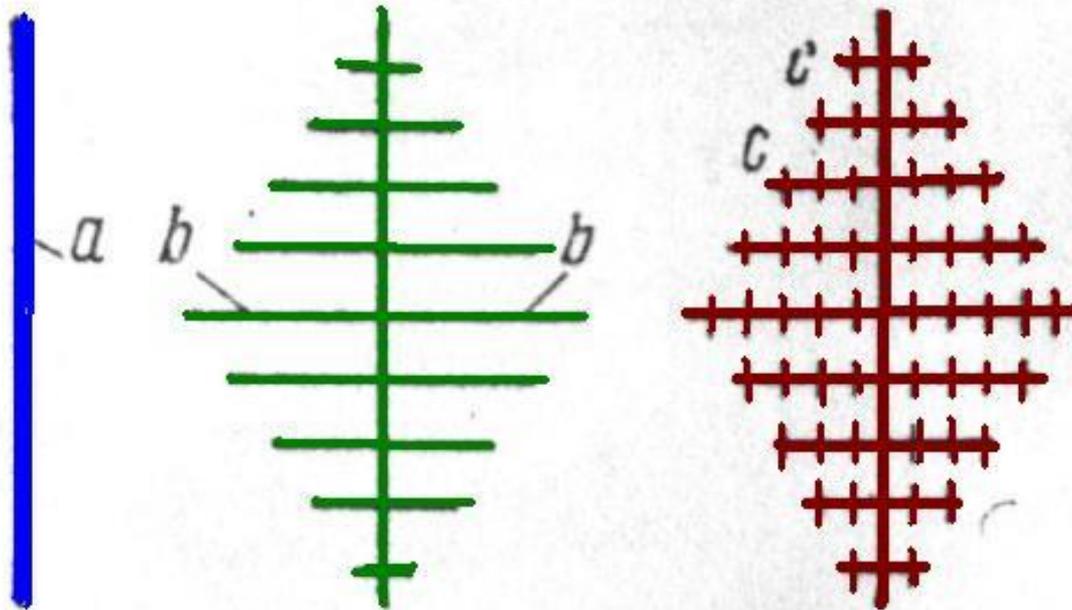
*e*

За короткий промежуток времени происходит появление новых центров кристаллизации и их рост

# Схема образования осей кристаллов

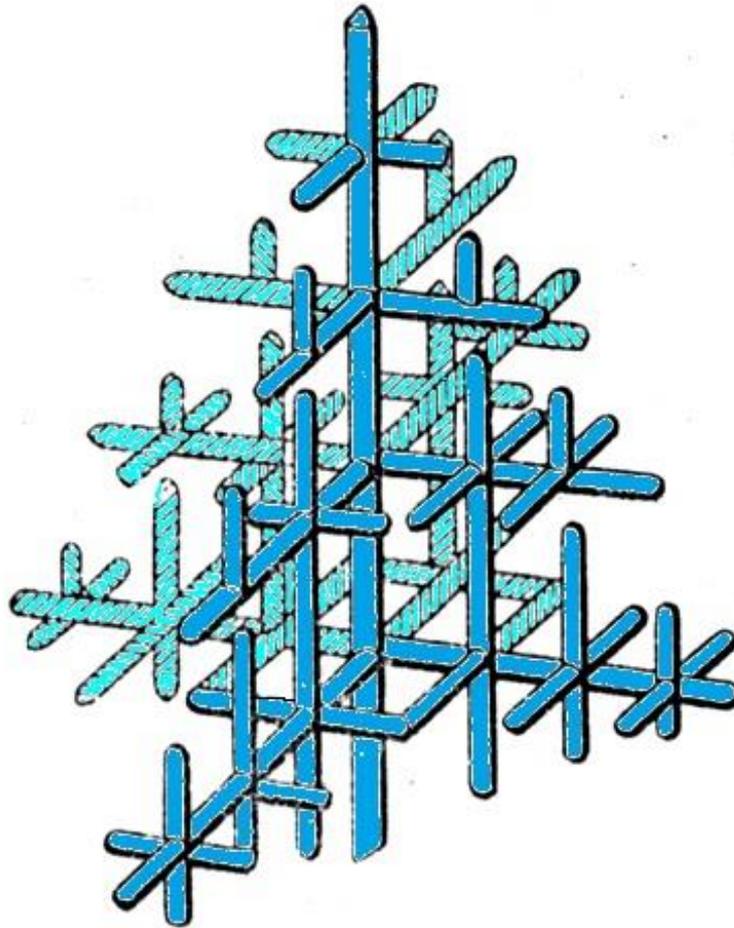
а – первичная ось;  
б – вторичная ось

с – ОСИ ВЫСШИХ  
ПОРЯДКОВ



При свободном развитии процесса кристаллизации вначале образуется первичная ось, а затем вторичные оси и оси высших порядков

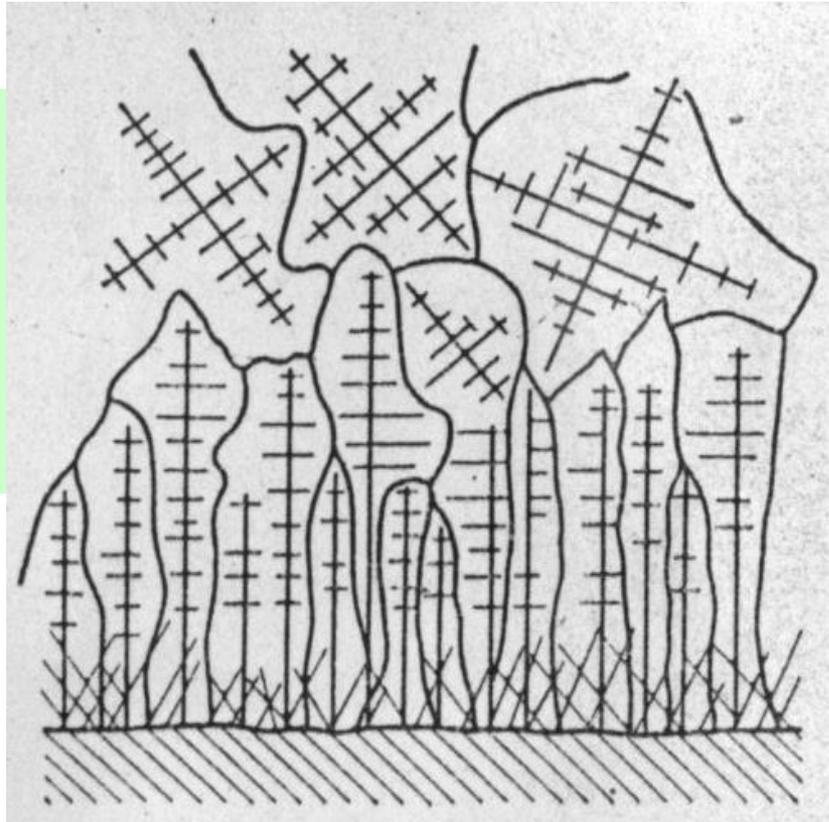
# Схема образования дендритов



Кристаллы приобретают древовидную называемую дендритной, форму

# Схема расположения дендритов в наружных частях отливки

Процесс кристаллизации начинается с ХОЛОДНЫХ стенок

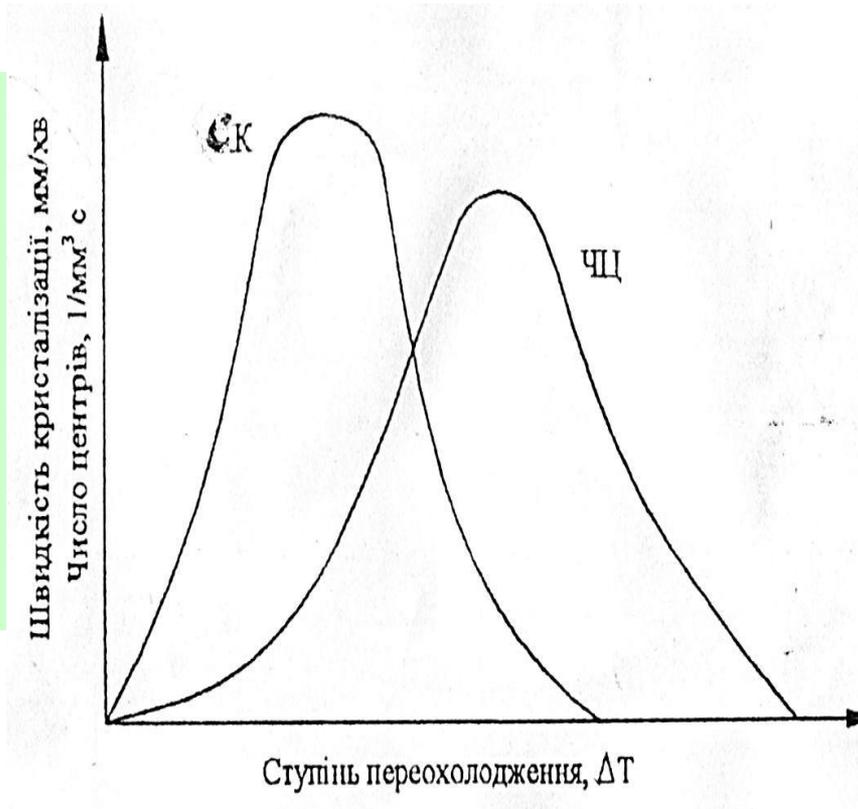


а затем уже распространяется внутрь жидкого металла

В направлении отвода тепла кристалл растет значительно быстрее, чем в других направлениях. Все это приводит к образованию неправильной формы кристаллов.

# Зависимость числа центров [ч.ц.] и скорости роста кристаллов [с.к.] от степени переохлаждения $\Delta T$

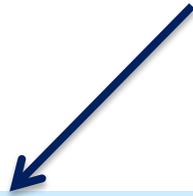
Зависимость [ч.ц.] и [с.к.] от степени переохлаждения и имеет вид кривых с максимумом



При  $\Delta T = 0$  значение ч.ц. и с.к. равняются нулю и процесс кристаллизации не может идти

При малых значениях [с.к.] и больших [ч.ц.] образуется большое количество мелких кристаллов

# Виды модификаторов



I рода

Обладают  
структурным  
соответствием с  
кристаллизующимся  
веществом



II рода

Поверхностно-  
активные к  
кристаллизующейся  
фазе

# Факторы, влияющие на скорость затвердевания



применение  
вибраций, что  
способствует  
лучшему  
выделению газов,  
измельчению зерна  
(вибростолы)



электромагнитные  
поля. При  
одновременном  
действии бегущих,  
пульсирующих,  
вращающихся полей  
– интенсивная  
вибрация



ультразвуковые  
колебания  
 $16 \cdot 10^3 \dots 16 \cdot 10^{10}$   
колебаний в секунду.  
Действие аналогично  
виброобработке



введение в расплав  
микрохолодильников  
из порошков

## Задания для самостоятельной работы

1. Назовите виды вибраций, используемых для виброобработки расплава в форме.
2. Определите взаимосвязь между параметрами модификатора I рода и кристаллизуемого вещества.
3. Определите назначение модификаторов II рода при кристаллизации?

## Тема

### КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

Литература: Трухов А.П. «Литейные сплавы и плавка», стр. 50...55