



## Лекция 5

# Усадочные напряжения в отливках

Поток 21 МС

Автор доц. Тарабанова В.П.

Lect 5\_21MC\_LV\_TVP\_2016

# План лекции

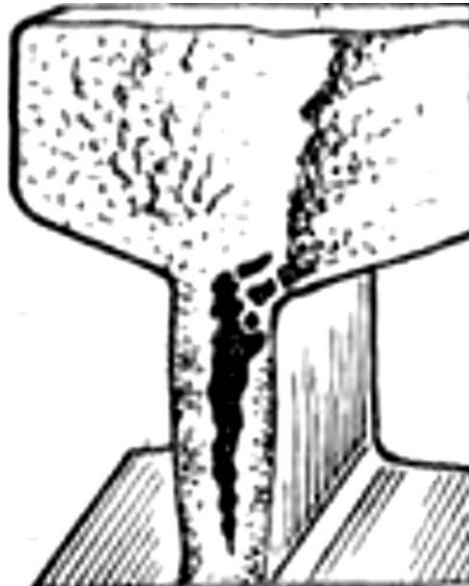
1. Способы уменьшения напряжений в отливках
2. Склонность отливок к горячим трещинам
3. Критерий горячеломкости сплавов
4. Склонность отливок к холодным трещинам
5. Склонность сплавов к насыщению газами и образованию газовой пористости

# Виды усадочных напряжений

Механические

вызваны  
торможением  
усадки формой и  
стержнем,  
являются причиной  
появления  
холодных и горячих  
трещин

Термические



Горячая трещина

Фазовые

формируют  
остаточные  
напряжения, что  
связано с  
прохождением  
неоднородной  
пластической  
деформации

Другой причиной появления остаточных напряжений есть  
неоднородное затвердевание

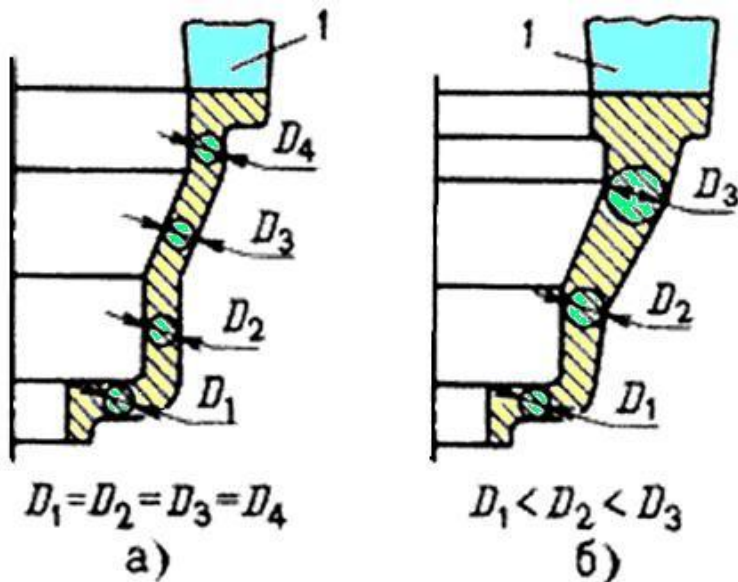
# Пути уменьшения напряжений в отливках

Воздействие на процесс охлаждения в форме и вне формы

Увеличение податливости форм и стержней

Снятие остаточных напряжений путем отжига  
[ $t \sim (0,25 \dots 0,35) t_{пл}$ ]  
процессы релаксации

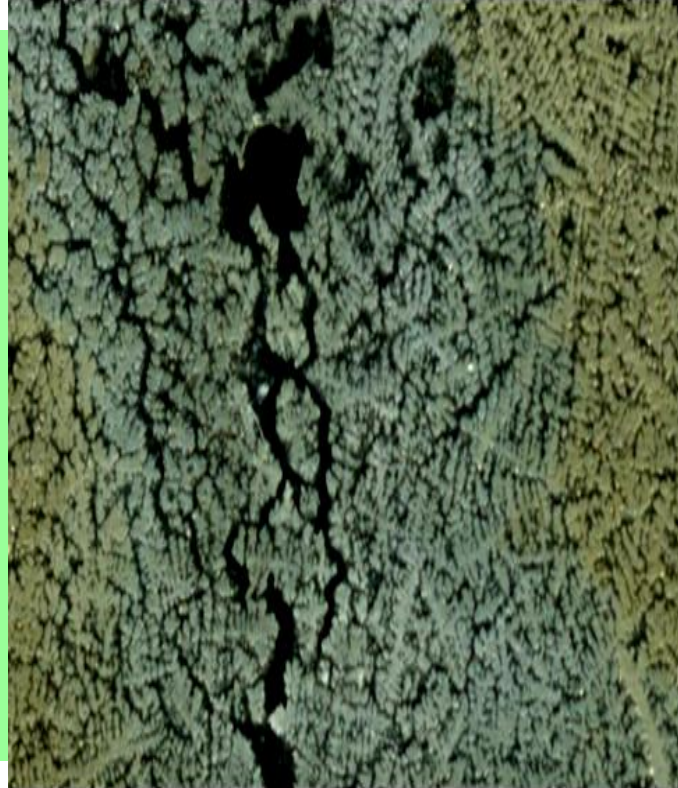
Правильное конструирование отливок: принцип одновременного затвердевания (правильный подвод металла, холодильники, сжатый воздух)



# Склонность сплавов к горячим трещинам

Горячие трещины образуются, когда усадочные механические напряжения достигают  $\sigma_B$  при растяжении.

Разрушение – по границам зерен (межкристаллическое)



Продольная упругая деформация есть характеристикой деформационной способности в интервале кристаллизации.

Горячие трещины образуются в интервале температур кристаллизации

Общая деформационная способность больше усадки, поэтому при отработке технологии трещины в отливках не должны появляться

# Критерий горячеломкости сплавов – минимальный запас прочности

$$n_{\text{спл}} = \sigma_{\text{в}}(T) / \sigma_{\text{у}}(T)$$

где  $\sigma_{\text{у}}(T)$  – напряжение, возникающее при полном торможении усадки образца с однородной по длине температурой при охлаждении до данной температуры.

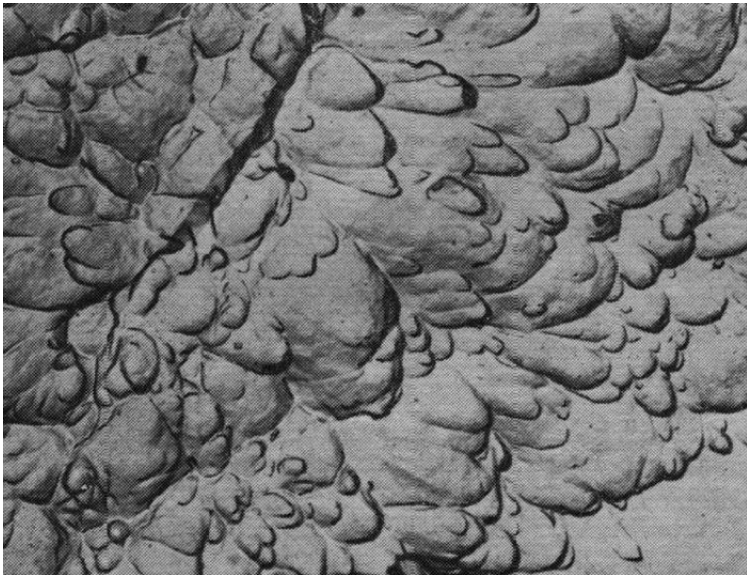
Для всех литейных сплавов справедливо неравенство  $n_{\text{спл}} > 1$

Для углеродистой стали -  $n_{\text{спл}} > 6$

Для Al-Si сплавов –  $n_{\text{спл}} = 20$

Для магниевых сплавов МЛ-  $n_{\text{спл}} = 7$

Поверхность разрушения горячих трещин имеет крупнокристаллическое строение



# Пути уменьшения локализации деформации – образования в горячих массивных частях отливки горячих трещин

Использование  
холодильников,  
усадочных ребер

Искусственное  
рассредоточение  
деформации

Увеличение  
поддатливости  
смесей

Обеспечение сил  
трения отливки о  
форму

Литье в форму с  
шероховатой  
поверхностью

С помощью  
выступов и впадин  
в литейной форме

# Склонность отливок к холодным трещинам

Холодные трещины образуются в отливке при охлаждении в форме, после выбивки, очистки, нагрева под термообработку, эксплуатации



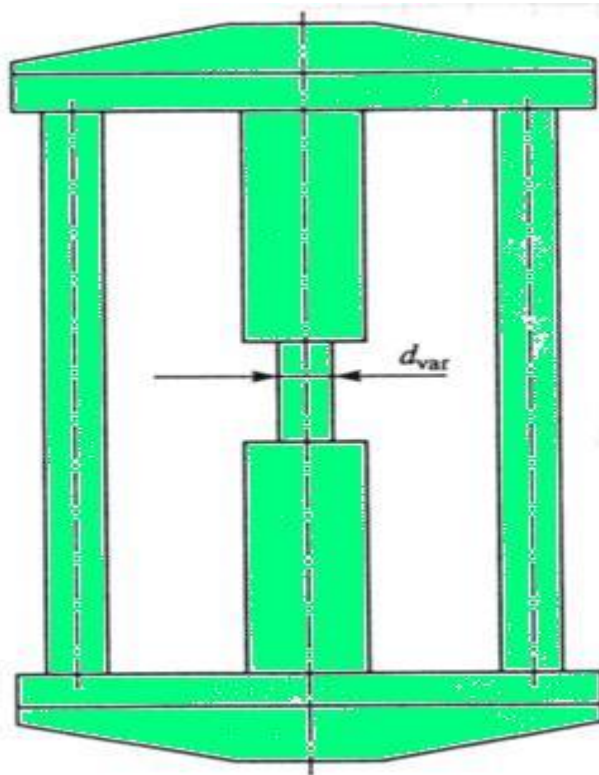
Возникают после выбивки вследствие неоднородности охлаждения и сопротивления усадке со стороны формы и стержней

Холодные трещины образуются в слабых сечениях, в местах резких переходов, газовых и неметаллических включений



# Технологическая проба для определения склонности литейного сплава к холодным трещинам в виде решетки на толстом стержне

Одновременно заливается несколько форм с разным диаметром утонения  $d_{var}$



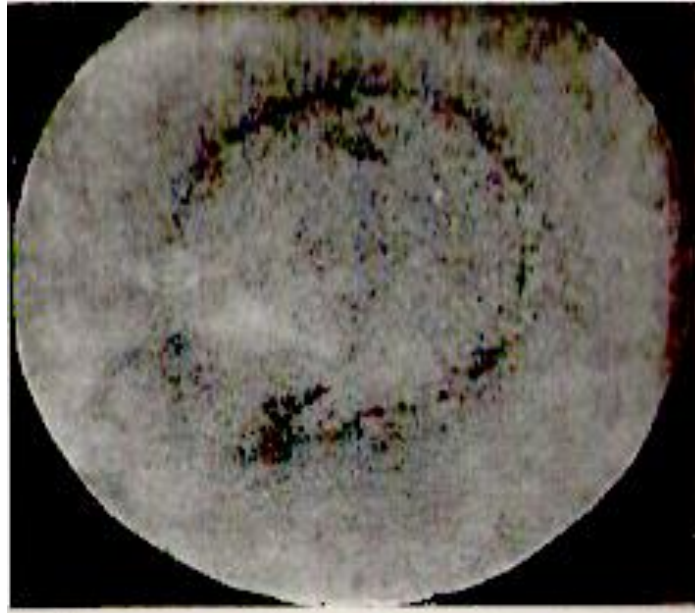
После выбивки находят решетку с максимальным значением  $d_{var}$  (max), при котором образовалась трещина

Критерием склонности к холодным трещинам есть сам диаметр утонения, или его площадь  $F$  или напряжение

$$\sigma = \sigma_B \cdot \frac{F}{F_0}, \text{ где } F_0 - \text{площадь сечения толстого стержня}$$

# Факторы, влияющие на склонность сплавов к насыщению газами и образованию газовой пористости

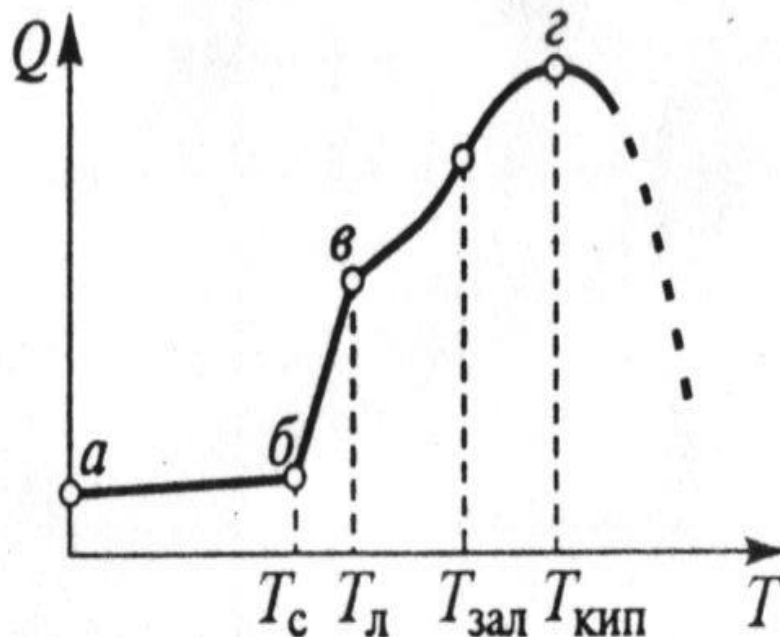
1) температура, когда металл начинает кипеть (выше  $T_{\text{кип}}$ ). Выделяющие пары предохраняют его от насыщения газами



2) парциальное давление: с увеличением давления растворимость газов возрастает  
3) размерный фактор атомов металла и растворяющегося газа

4) агрегатное состояние; 5) интенсивность перемешивания в плавильном агрегате

# Зависимость газов в металлах от температуры



На участке аб  
поглощение  
газов  
незначительное

При нагреве в  
интервале  
температур  
кристаллизации  
(бв) резкое  
увеличение  
растворимости

Это существенно при газовой пористости.

От температуры ликвидуса  $T_{л}$  до температуры заливки  $T_{зал}$  и выше вплоть до начала кипения  $T_{кип}$  (точка 2) растворимость продолжает увеличиваться

# Условие выделения газов из раствора и образования газовой пористости

Д.к. Чернов показал, что газовые пузырьки будут образовываться, если общее давление

$$\sum P_r$$

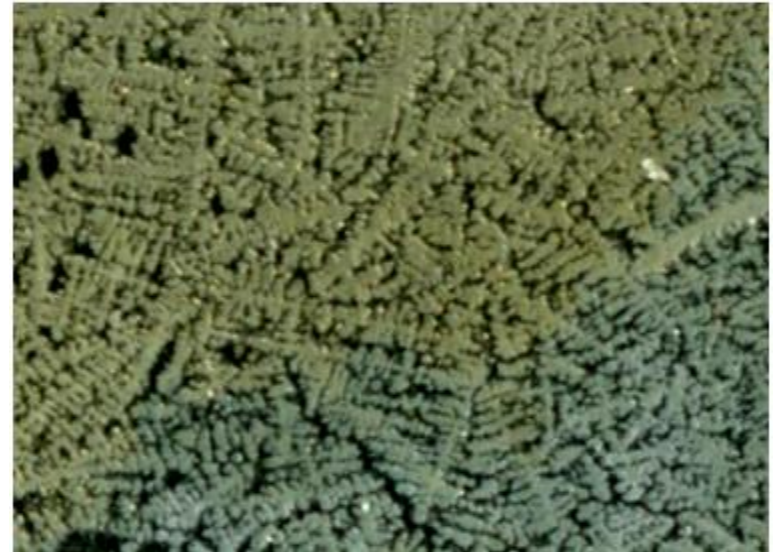
всех выделившихся газов из металла будет больше суммы внешних давлений

$$\sum P_{\text{внешн}}$$

$$\text{т.е. } \sum P_r > \sum P_{\text{внешн}}$$

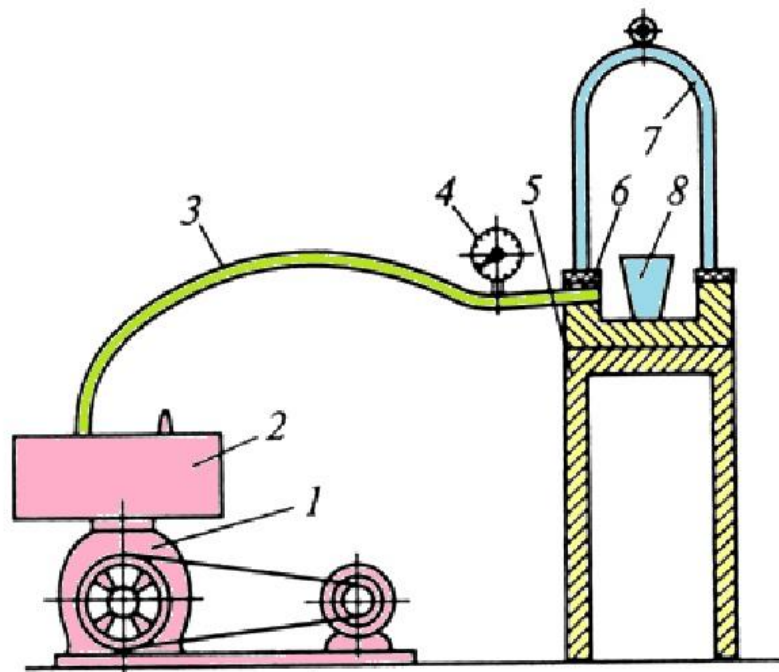
Общее давление всех выделившихся газов складывается из парциальных давлений растворенных газов:

$$\sum P_r = P_{\text{H}_2} + P_{\text{N}_2} + P_{\text{CO}} + P_{\text{CO}_2} + \dots +$$



# Схема установки для определения газонасыщенности сплавов по вакуум-пробе

Под стеклянный колпак 7 устанавливают тигель 8 с металлом и поворотом крана соединяют

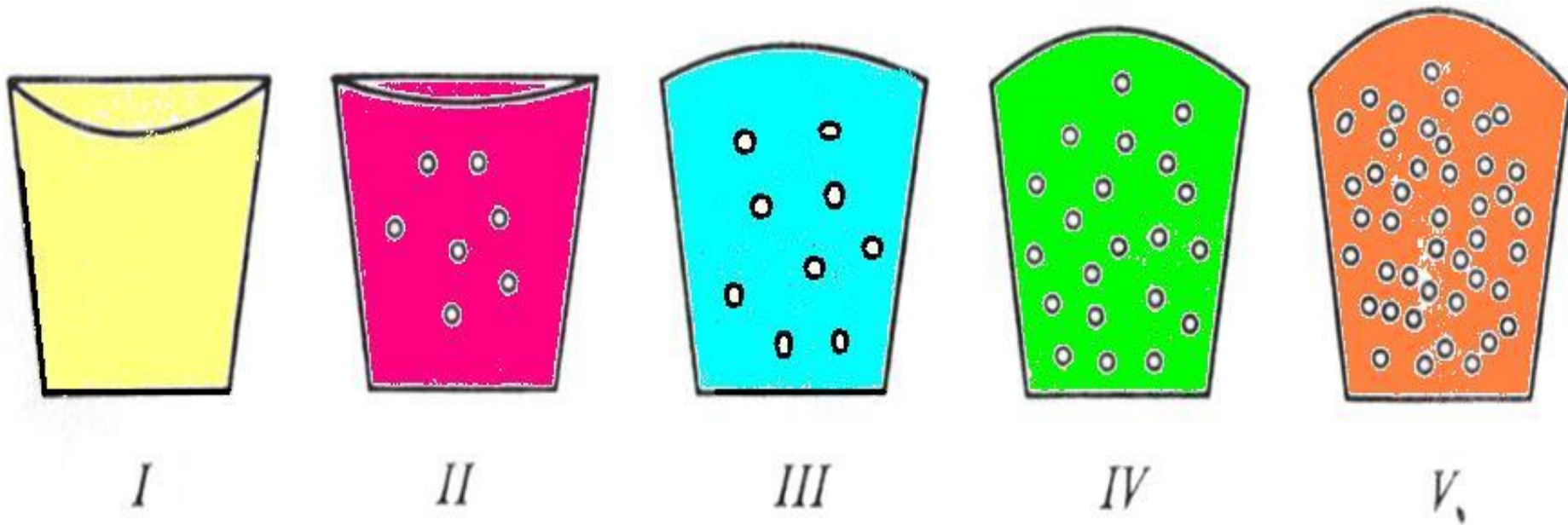


пространство под колпаком через шланг 3 с ресивером 2, из которого предварительно откачивают воздух вакуумным насосом 1

Разрежение контролируется вакууметром 4, 5 – подставка; 6 – резиновая прокладка

Полученные пробы разрезают по диаметральной плоскости и сравнивают с эталонами к вакуум-пробе

# Эталоны к вакуум-пробе



Полученную пробу разрезают по диаметральной плоскости и поверхность реза сравнивают с пятью эталома (I...V)

## Задания для самостоятельной работы

1. Определите основной принцип конструирования отливок.
2. Назовите основную характеристику деформационной способности сплавов в интервале кристаллизации.
3. Как обеспечивается искусственное рассредоточение деформаций?

## Тема

### СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ОТЛИВКАХ

Литература: Трухов А.П. «Литейные сплавы и плавка», стр. 66...69