



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

# 材料成形工艺基础

铸造成形工艺理论基础

铸造应力和铸造缺陷

主讲：智小慧

1、上节内容回顾

2、内应力的形成

3、机械应力

4、铸件的变形与防止

5、裂纹

6、合金的吸气性

7、本章小结

# 1、内容回顾

## 合金的收缩：

- (1) 分类、阶段
- (2) 缩孔、缩松、形成原因
- (3) 冷铁、冒口的作用和放置位置。

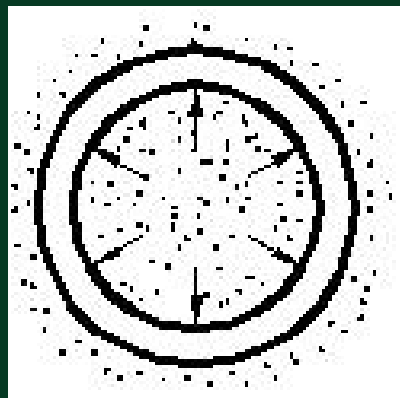
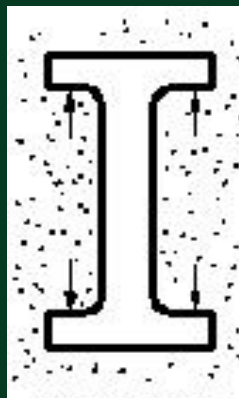
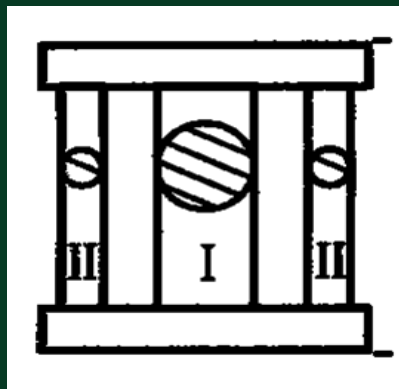


## 2、内应力的形成

- 固态收缩→内应力→变形和裂纹

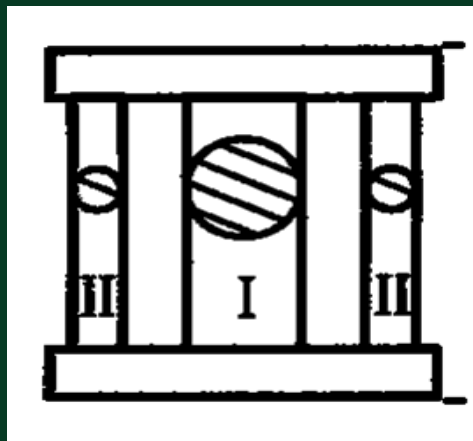
$\sigma > \sigma_s$  产生变形， $\sigma > \sigma_b$  金属断裂。

- 按照形成原因，分为热应力和机械应力。



# ①热应力

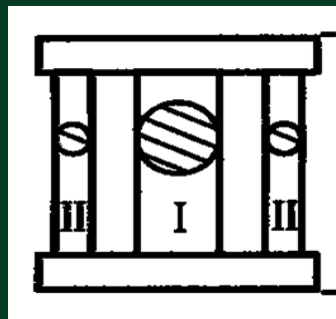
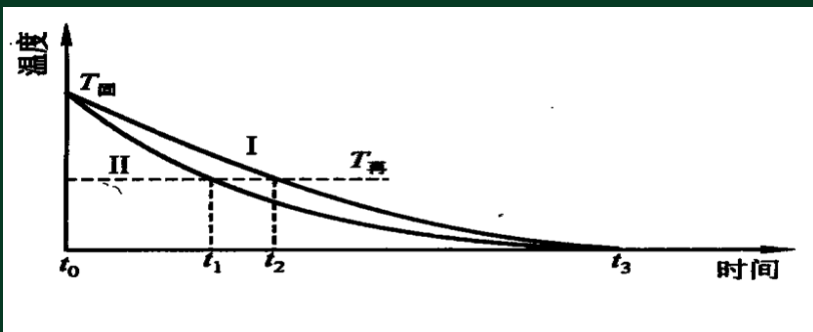
- 定义：它是由于**铸件的壁厚不均匀**、各部分的**冷却速度不同**，以致在同一时期内铸件各部分**收缩不一致**、**相互约束**而引起的。



## ②热应力的形成过程

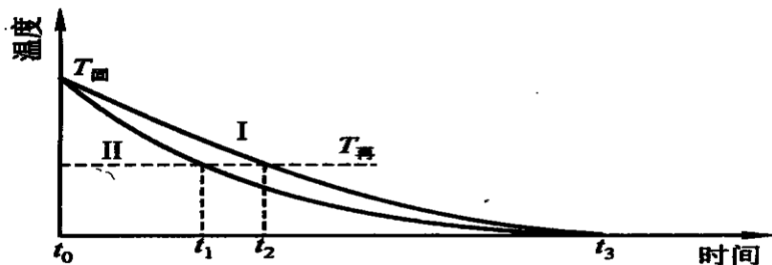
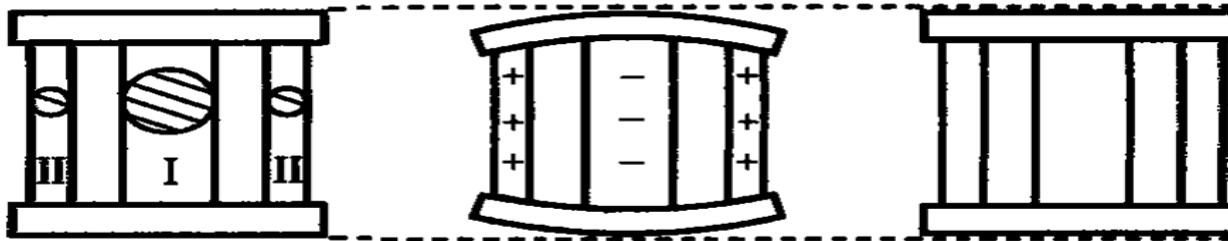
### • 第一阶段:

$T_{再}$ 以上。瞬时应力通过塑性变形而自行消除。



# 第二阶段:

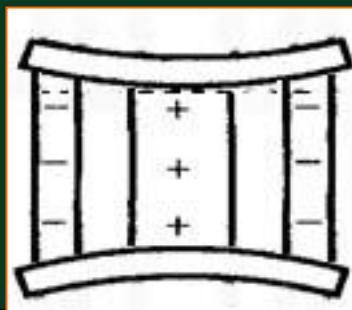
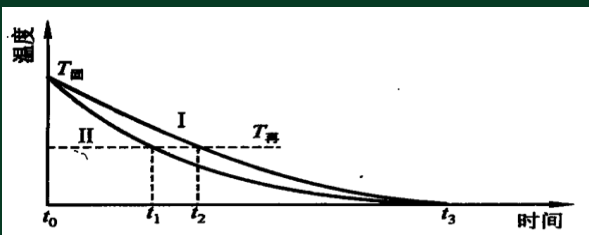
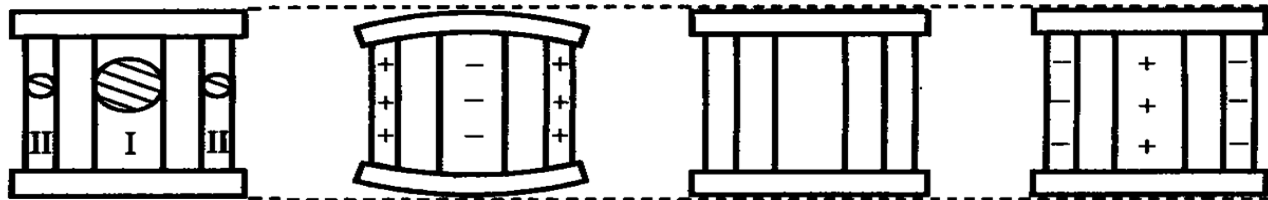
- 细杆  $T_{再}$  以下（受拉），粗杆  $T_{再}$  以上（受压）。内应力随粗杆塑变而消除，两杆同时缩短。



## • 第三阶段:

$T_{再}$  以下。粗杆温度高，收缩大；细杆温度低，收缩趋于停止。形成残余应力。

**粗杆（冷却慢的部分）短，细杆长**





## • 热应力的规律:

(a) 缓冷部位 (厚壁、心部) 受拉伸

(短or长?)。

快冷部位 (薄壁, 表层) 受压缩

(短or长?)。

(b) 温差 $\uparrow$ , 定向凝固 $\uparrow$ , 固态收缩率 $\uparrow$ ,  
弹性模量 $\uparrow$ , 则热应力 $\uparrow$ 。

• 防止热应力的原则: 缩小温差, 均匀冷却。

# 减小热应力的措施：

(1) 材料→弹性模量小的合金，

(2) 设计→壁厚均匀，

(3) 工艺→同时凝固。

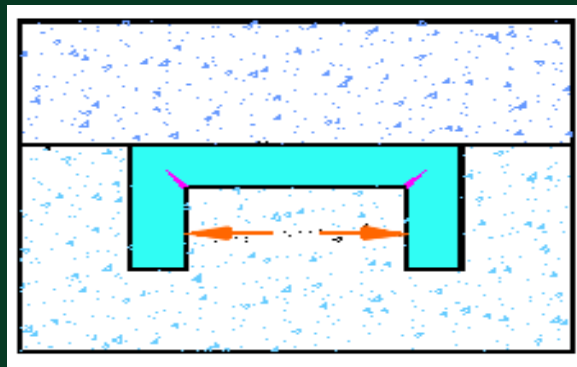
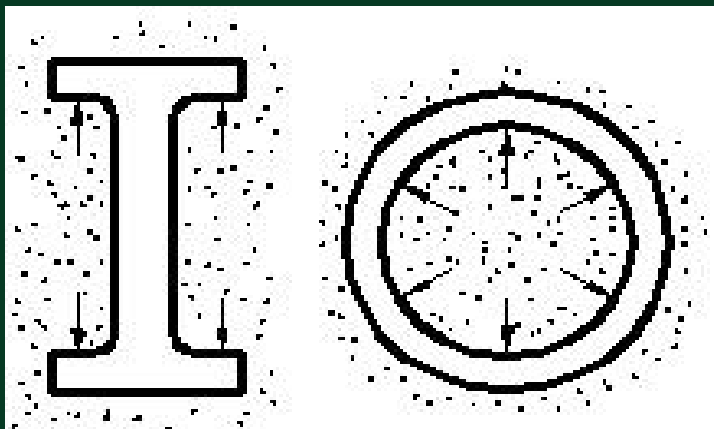
## • 同时凝固：

内浇道开在薄壁处，厚壁处放冷铁，使各部位同时凝固。

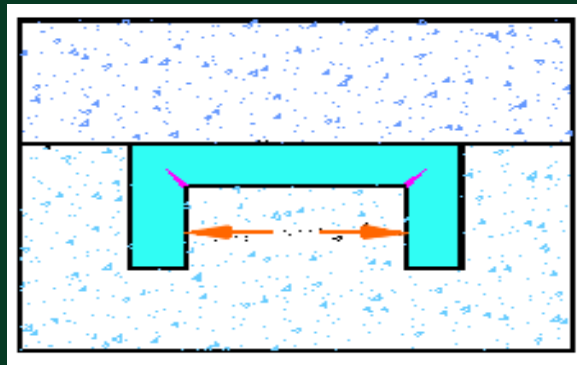
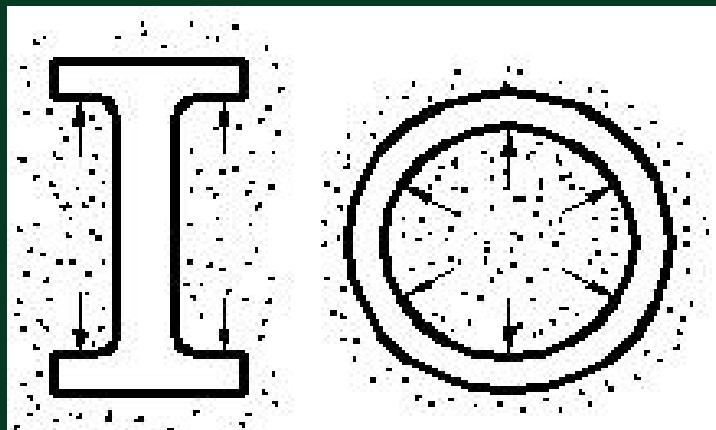
**目的：**减小铸造内应力、防止铸件变形和裂纹。尤适用于形状复杂薄壁件。

### 3、机械应力（收缩应力）

- 定义：铸件的固态收缩受到**铸型或型芯**的**机械阻碍**而形成的内应力。



- 机械应力是**暂时**正应力或剪应力，落砂后可局部或全部消除。
- 与热应力共同作用，增加裂纹倾向。

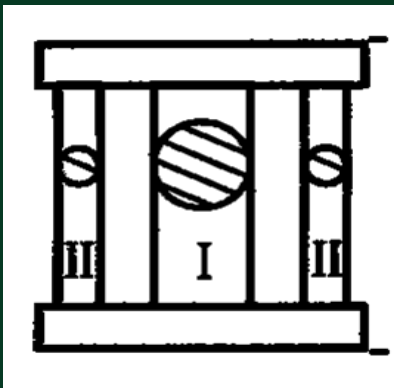


## 4. 铸件的变形与防止

残余内应力→不稳定状态→  
通过**变形**缓解应力→  
回到稳定状态。

- 了解变形的规律：（预计变形方向）

受拉伸部分短，  
受压缩部分长。



# T形梁:

厚部受拉产生压缩变形,  
→上凹下凸。

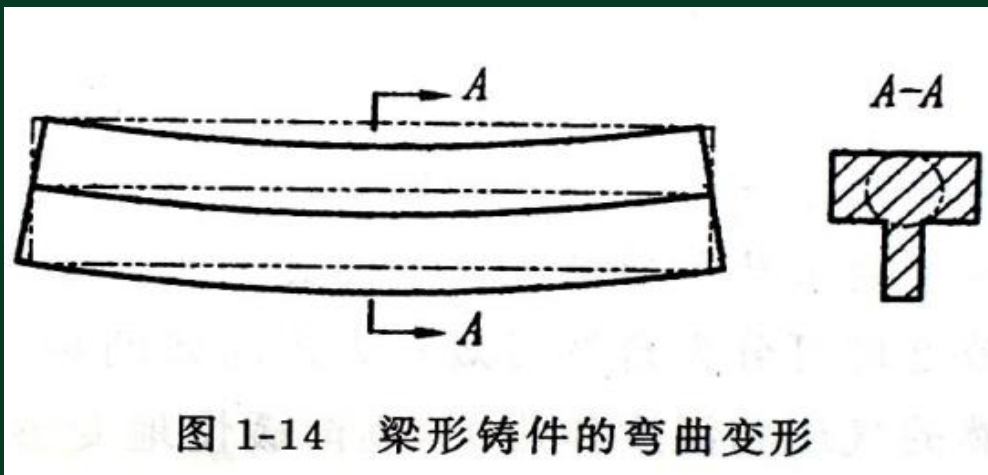


图 1-14 梁形铸件的弯曲变形

# 平板:

中心、下部冷却慢，受拉→  
压缩变形。

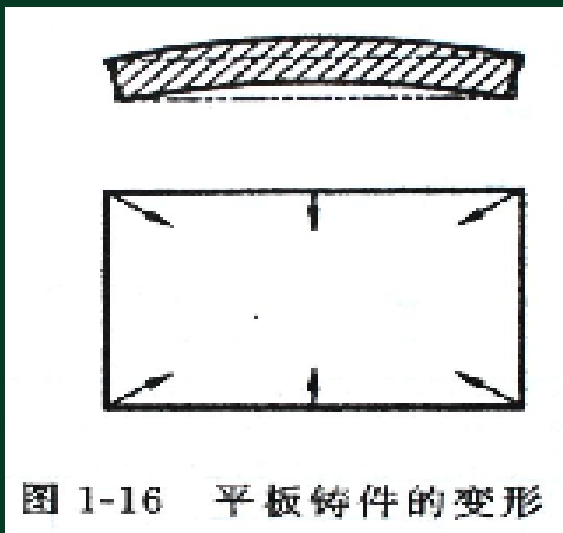
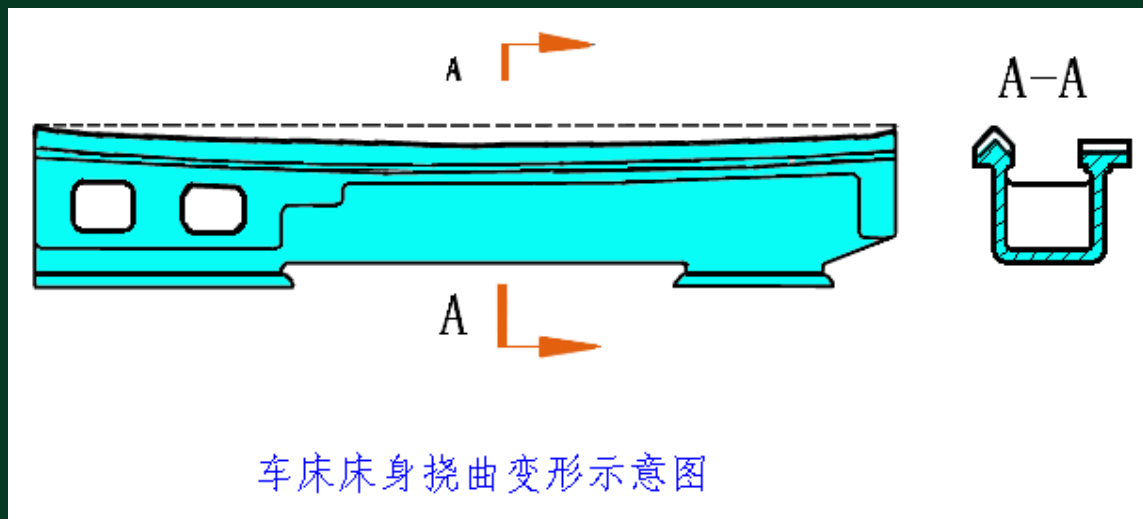


图 1-16 平板铸件的变形

# 床身:

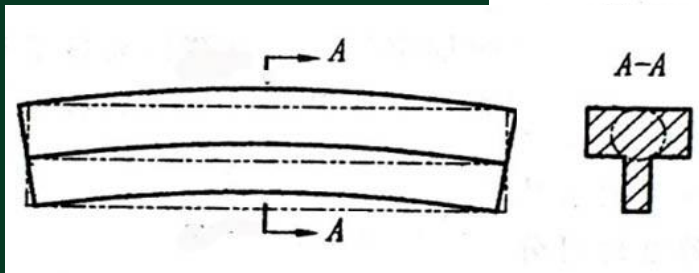
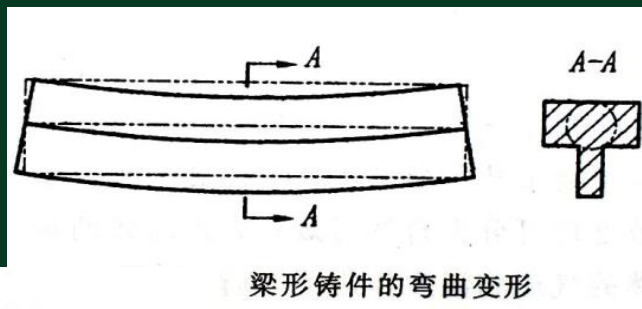
上凹下凸，导轨内凹。





# 防止变形的办法:

- 1) 减小应力的各种方法。
- 2) 铸件壁厚设计均匀，结构对称。
- 3) **反变形法**：最有效。



4) 粗加工后时效处理:

**自然时效** (露天放置半年)

**人工时效** (去应力退火)

5) 振动去应力。



# 5. 裂纹

固态收缩→内应力→变形和裂纹

$\sigma > \sigma_s$  产生变形,  $\sigma > \sigma_b$  金属断裂。

- 按照形成原因, 分为热裂和冷裂。



# (1) 热裂:

凝固后期因机械应力超强而产生。

影响因素：合金性质和铸型阻力。



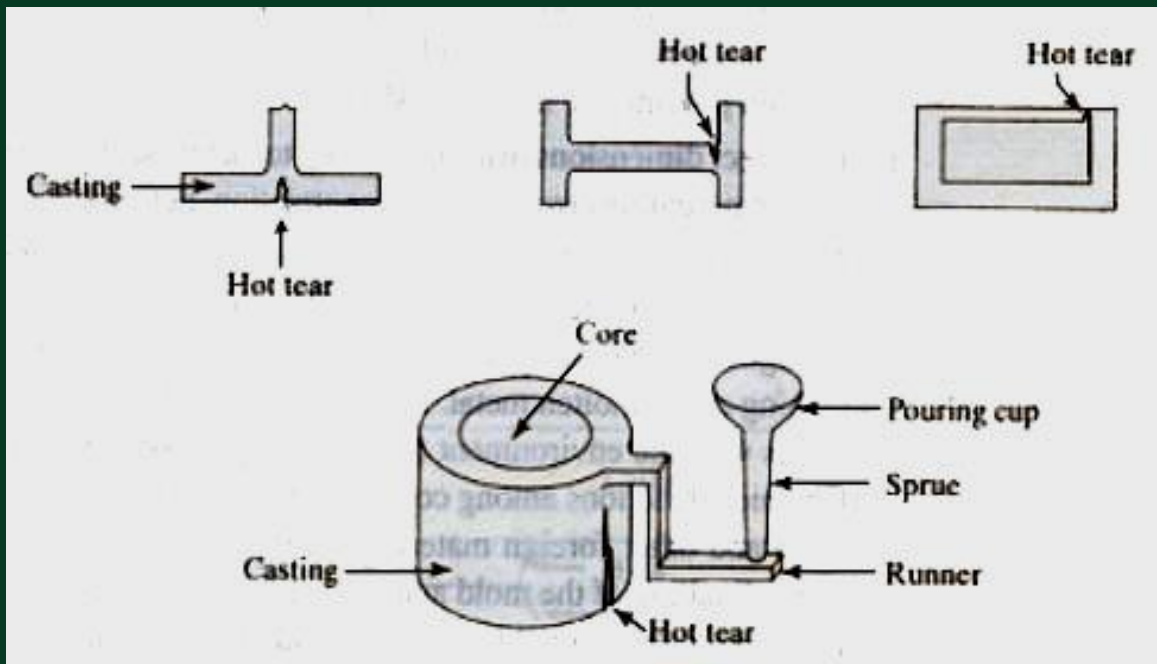
## (2) 冷裂:

凝固后，继续冷却至室温形成的裂纹。

影响因素：复合应力。



# 裂纹的常见部位:



铸件特殊位置的裂纹示意图

## 6、合金的吸气性（视频名称：2-气孔）



网络精品课程

- 气孔的危害：

减少承载面积，引起应力集中，  
降低**力学性能**；降低**气密性**。

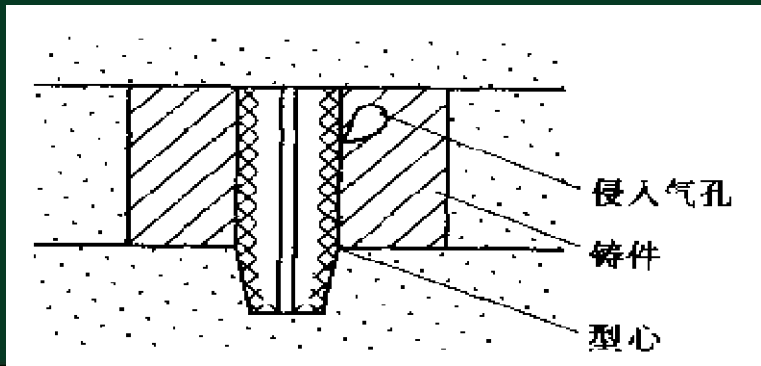
(1) 侵入气孔

(2) 析出气孔

(3) 反应气孔

# (1) 侵入气孔

- 形成：砂型和型芯中水分蒸发，有机物及附加物挥发→气体→排气不畅→侵入金属液中。
- 特征：位于砂型和型芯表面附近，尺寸较大，呈椭球形或梨形。
- 防止：降低发气量，增强排气能力。





## (2) 析出气孔

- **形成：** 冷凝中→金属液中的气体熔解度下降 →析出气泡→遇阻不能排出。
- **特征：** 尺寸较小，分布面积较广。  
铝合金中常见，“针孔”，影响气密性。
- **防止：** 炉料中不含水、油、锈等污物；  
严格工艺；减少金属液与空气接触；  
炉气为中性气氛。



# (3) 反应气孔

- 形成:

液态金属+铸型、芯撑、冷铁、熔渣→**化学反应**

- 防止:

芯撑、冷铁不得有锈蚀、型砂涂料的选择。



# 7、小结

内应力、变形、裂纹；

应力和变形规律。

合金的吸气性

• 作业： P 1 5 (7) , (9)



