



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

钢结构设计原理

钢结构的材料

影响钢材力学性能的因素(二)

主讲：邓海

目录

- 一、化学成分
- 二、冶金工艺
- 三、冷加工硬化和时效硬化
- 四、加载速度
- 五、应力集中和残余应力
- 六、温度
- 七、复杂应力状态

二. 冶金工艺

常见的冶金缺陷有：

偏析：钢中化学成分不一致和不均匀性称为偏析。主要是硫和磷的偏析，使钢材的塑性、韧性及可焊性变坏。

非金属夹杂：常见的夹杂物为硫化物和氧化物。硫化物使钢材在 $800 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 高温下变脆，氧化物会降低钢材的力学性能和工艺性能。

气孔：浇注时由 FeO 与 C 作用所生成的 CO 气体不能充分逸出而留在钢锭内形成的。

裂纹：钢材中已出现的局部破坏

分层：指沿厚度方向形成层间并不相互脱离的分层。分层处易被锈蚀，且分层使钢材性能变差。

轧制的作用

- 在高温和压力下，将钢锭或钢坯热轧成钢板和型钢；
- 改变钢材的形状及尺寸；
- 使小气泡、裂纹、疏松等缺陷焊合起来；
- 使金属组织更加致密，改善了钢材的力学性能。

薄钢板的优点

- 轧制次数多的薄钢板，缺陷少；
- 比厚钢板强度高，塑性和冲击韧性好。

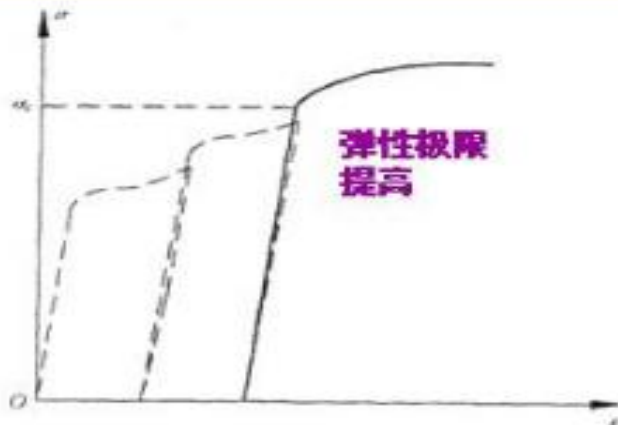
防止厚钢板的层间撕裂

- 钢材轧制后，内部的非金属夹杂物被压成薄片；
- 较厚的钢板易出现分层(夹层)现象，使钢材沿厚度受拉的性能变差；
- 对于厚钢板($> 40\text{mm}$)需进行Z方向的材性试验。
- 尽量避免Z向受力，防止层状撕裂。

三、冷加工硬化和时效硬化

硬化

当钢材应力超过弹性极限时，以后重新加载会使以前的弹性极限提高，塑性变形减少。



冷作硬化

钢结构在冷（常温）加工（**弯曲、剪切、钻冲等**）过程中引起的钢材硬化

不利影响

使钢材变脆 → 强度提高，但塑性韧性下降

重要结构措施

常将因冷加工引起的硬化部位刨去

时效硬化

时效

钢材纯铁体中存在着碳和氮的固溶物，随着时间增加，它会慢慢析出，分布在钢材晶粒的滑移面上，阻碍纯铁体发展塑性变形。

时效影响

钢材强度 ↑，塑性 ↓，韧性 ↓ ↓

时效周期

几天 ~ 几十年时间不等

四、加荷速度和重复加载

加荷速度提高，钢材的屈服点提高，脆性增大；重复加载，产生疲劳破坏。

五、应力集中和残余应力

钢结构构件中存在的孔洞、槽口、凹角、裂缝、厚度变化、形状变化、内部缺陷等使一些区域产生局部高峰应力，此谓应力集中现象。应力集中越严重，钢材塑性越差。

案例：**汽车玻璃裂纹处理**

- 有应力集中的钢材，材性变脆。
- 应力集中处常常产生三向的同号拉应力，易使钢材开裂时也没有明显的塑性变形（脆断）。
- 应力集中对塑性良好的钢结构静力强度影响不大，但降低疲劳强度。

残余应力

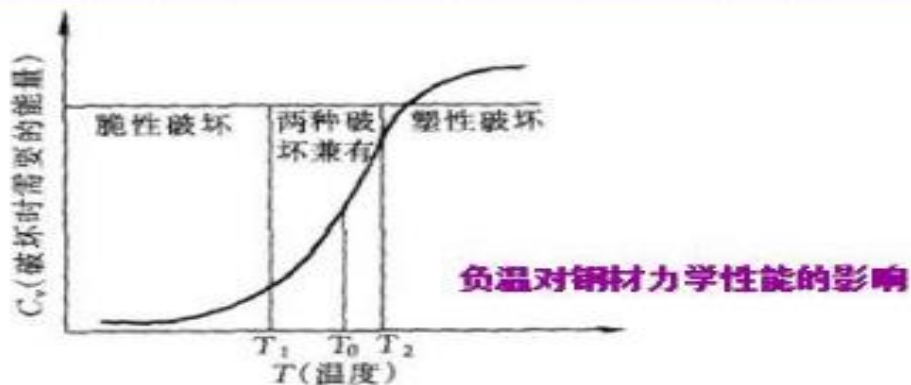
钢材在冶炼、轧制、焊接、冷加工等过程中，由于不均匀的冷却、组织构造的变化而在钢材内部产生的不均匀的应力。残余应力在构件内部自相平衡而与外力无关。残余应力的存在易使钢材发生脆性破坏。

六、温度

温度T升高

- T 在室温 $\sim 200^{\circ}\text{C}$ 范围，钢材强度、弹模、塑性、韧性没大的变化；
- T在 250°C 左右时，钢材抗拉强度 \uparrow ，而冲击韧性 \downarrow ，称“蓝脆”（表面呈蓝色），应避免钢材在蓝脆温度范围进行热加工；
- T超过 300°C 后，屈服强度、极限强度 $\downarrow\downarrow$
- T达到 600°C 时，强度已很低，不能承载。

温度T下降



- T 从室温下降时，钢材强度略有提高，而塑性和冲击韧性 ↓ (变脆)。
- 温度下降到某一数值时，钢材的冲击韧性突然急剧 ↓ ↓，称**低温冷脆**。
- T_1 、 T_2 区间为温度转变区，钢材的 T_1 越小越好。
- 曲线最陡点的温度 T_0 ，为低温冷脆**临界温度**。
- 钢结构设计应使环境温度高于 T_1 ，但不要求高于 T_2 。

七、复杂应力状态

钢材在单向应力作用下，当应力达到屈服点 f_y 时，钢材屈服而进入塑性状态。当钢材处于复杂应力作用下（平面应力或立体应力），按能量强度理论（第四强度理论），以折算应力 σ_{red} 是否大于 f_y 来判断钢材是否由弹性状态转变为塑性状态

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - (\sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

若 $\sigma_{red} < f_y$ 为弹性状态，

若 $\sigma_{red} \geq f_y$ 为塑性状态；

谢谢大家！

