

第五章 化工设备常用材料

§ 5.1 概述

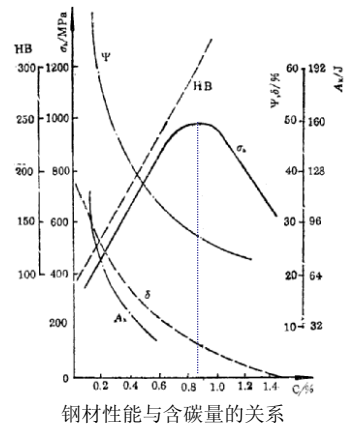
1. 材料分类：
 - 材料
 - 金属材料
 - 有色金属，如铝，铜
 - 黑色金属
 - 碳钢，如Q235A
 - 合金钢，如不锈钢
 - 铁
 - 非金属材料，塑料，陶瓷，玻璃钢
2. 化工材料的特点：温度范围大，操作压力范围大，物料有易燃、易爆、剧毒、强腐蚀性，安全、环境和劳动保护要求高

3. 化工材料的选择

- (1) 要有较好的综合机械性能，既要有一定的强度，又要有较好的塑性和韧性；
- (2) 优良的加工工艺性能：焊接性能、切削加工性能、锻造性能、铸造性能等；
- (3) 物理性能，如导热、导电、导磁性能；
- (4) 特殊的化学性能，如组织和化学成分稳定性，防腐性能；
- (5) 热处理性能，通过热处理能改变材料的力学性能

§ 5.2 碳钢和铸铁

- ❖ 碳钢和铸铁是工程最广泛应用的金属材料，它们主要由碳和%铁这两种元素组成。含碳量0.02%~2%的称为钢，含碳量大于2%的称为铸铁。
- ❖ 合金钢除了碳和铁以外，含有镍、铬等金属元素。
- ❖ 碳钢主要成分：Fe、C、Si、Mn、P、S，与炼钢原料与过程有关。
 - 铁矿石、焦炭、造渣剂、氧气等。炼铁→炼钢→特种钢、型材
 - Si、Mn、P、S是杂质。S：热脆，热加工时形成低沸点的硫化物，造成构件开裂；P：冷脆，在低温时，使构件塑性下降。



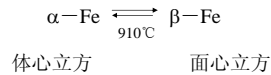
- ❖ 钢的分类：
 - 按含碳量分：
 - 低碳钢：C% ≤ 0.3%
 - 中碳钢：0.3% ~ 0.6%
 - 高碳钢：≥ 0.6%
 - 按质量分：普通碳钢、优质碳钢。优质碳钢的杂质比较少。
 - 按用途分：碳素结构钢、碳素工具钢，专用钢材。
 - ✓ 举例：Q235，屈服极限为235MPa的普通碳素结构钢；08，20，45，优质碳素结构钢，按含碳量的万分之一标记，如45号钢的含碳量为0.45%。
 - ✓ 化工压力容器、锅炉、钢瓶等特殊用钢。20R，含碳量为0.2%压力容器用钢，20g，锅炉用钢。
 - 按供应形式：钢板、钢管、锻件、型钢。

- ❖ 碳钢特点：价格便宜，强度、韧性适中，加工性能好，可通过热处理进一步改进性能，但抗腐蚀性能差，编号采用前苏联的编制方式，限制了钢材的品种和质量。
- ❖ 铸铁特点
 - 含碳量比钢高，杂质比较多，塑性差，一般用于复杂零件的铸造成型，如汽车发动机箱壳，泵体等。
 - 分类：
 - ✓ 灰口铸铁，碳以片状石墨存在，断口呈灰色，抗压强度大，但拉伸强度和冲击韧性差，可用于铸造承受压力，要求消振、耐磨的零件，如支架、本体、机座。
 - ✓ 可锻铸铁，碳主要以团状存在，有一定的强度和较高的塑性和韧性，可用于锻造零件。
 - ✓ 球墨铸铁，碳以球状石墨存在，对基体削弱小，强度、塑性和韧性比前两者都高，如汽车发动机曲轴。

§ 5.3 金属材料热处理基础

- ❖ 热处理定义：将钢材通过适当的加热与冷却过程，使钢材内部组织按照一定的规律变化，以获得预期的机械性能的操作工艺。
- ❖ 提高钢材机械性能的方法：热处理和合金化。
- ❖ 金属的结晶结构
 - 晶格点阵
 - 晶胞
 - 晶胞类型：
 - ✓ 体心立方晶胞：不容易变形，如 α -Fe
 - ✓ 面心立方晶胞：比较容易变形，如 β -Fe
 - ✓ 密排六方晶胞：片层结构，层状滑移，如石墨

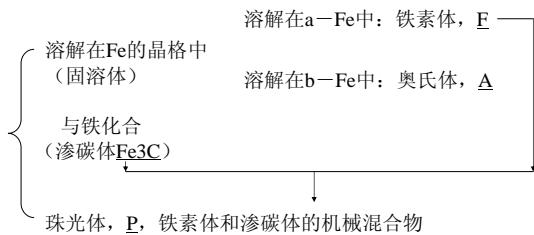
- ❖ 结晶过程：液体中能量比较低的原子成为晶核，其它原子通过碰撞造成晶体成长。最后结晶完成形成固体，以晶界划定晶粒大小，晶界上有时会聚集叫多杂质，而影响金属性能。
- ❖ 金属性能与晶格类型、晶粒大小等有关。
 - 结晶时，冷却速度越快，结核越多，结晶结束时的晶粒越小。
- 结晶分类：通常称的结晶和重结晶。
 - ✓ 同素异构转变：固体状态下的金属由于加热或冷却而引起的晶格结构的转变。如



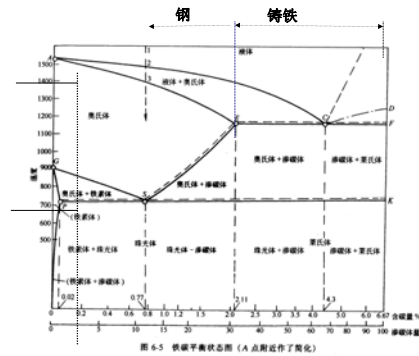
金属加热、冷却过程中的铁—碳合金组织的变化

加热或冷却过程中，不仅金属会发生金属溶解或结晶，同时会发生再结晶。

常见铁—碳合金组织，根据碳在金属基体中的存在方式分类：



- ❖ 铁碳合金状态图：记录不同含碳量的铁碳合金在冷却结晶过程中的结晶温度和再结晶温度，以及组织的变化情况，是金属材料热处理的基础。



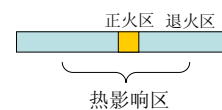
❖ 常见钢材热处理操作工艺

1. 退火：零件放在炉中，缓慢加热至某一温度，经过一段时间保温后，随炉冷却。
 - 作用
 - 消除冷作硬化，恢复材料塑性；
 - 消除残余应力，防止工件开裂；
 - 细化铸焊工件的粗大晶粒，改善零件的机械性能。
2. 正火：加热、保温后，工件在空气中冷却，因此冷却速度比退火大。
 - 作用：
3. 淬火：加热、保温后，工件在水、油等介质中快速冷却，目的是为了得到马氏体，提高工件的硬度和耐磨性。

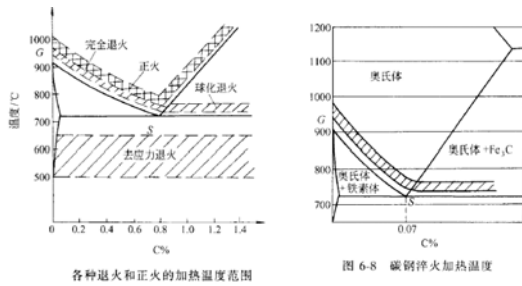
4. 回火：淬火后的回火，目的是为了消除淬火后工件的内应力，降低材料的脆性，使得材料有较好的强度和韧性。

- 按照回火的温度分：低温回火、中温回火和高温回火
- 调质：淬火+高温回火，是一种很常见的热处理工艺。

- ❖ 金属焊接、锻造等加工工艺中也存在“热处理”，在这些加工工艺的设计和 optimization 有非常重要的影响。



❖ 热处理加热区间:



§ 5.4 合金钢

- ❖ 合金钢: 在碳钢的基础上加入一些合金元素, 以提高钢材的性能。常见的合金元素有铬、镍、钛、钼、钒等。
- ❖ 合金元素的存在形式: (1) 溶入铁素体内, 形成合金铁素体; (2) 与碳化合, 形成合金碳化物。
- ❖ 作用: (1) 提高钢材的机械性能; (2) 改善钢材的热处理性能; (3) 获得特种性能的钢, 如不锈钢, 耐酸钢, 耐热钢, 耐低温钢等。
- ❖ 合金钢的分类:
 - ✓ 按用途: 结构钢、工具钢和特殊钢。特殊钢是指有特殊物理化学性能的钢。
 - ✓ 按合金元素的含量: 低合金钢 (合金元素总量小于5%); 中合金钢 (5—10%); 高合金钢 (大于10%)

❖ 我国合金钢的编号方法: 含碳量+合金元素种类和含量, 以及质量等级等内容。

❖ 低合金钢举例: 16MnR
 含碳量万分之16 → 主要合金元素为Mn, 含量小于1.5%
 压力容器用钢

❖ 化工中常用的低合金结构钢: 16MnR、15MnVR、18MnMoNbR

❖ 不锈钢和不锈钢耐酸钢:

- 定义: 不锈钢是指在空气、水及弱腐蚀性介质中能抵抗腐蚀的合金钢。不锈钢耐酸钢是指在酸和其它强腐蚀介质中能抵抗腐蚀的合金钢。习惯上这两种钢通常为不锈钢。

❖ 金属腐蚀分类: 化学腐蚀和电化学腐蚀。

❖ 钢材的抗腐蚀性能与钢材的化学成分、金相组织、设备结构有关, 提高钢材的抗腐蚀性能的措施有:

- 1) 提高电极电位, 在钢中添加Cr、Ni等合金, 如钢材中自由Cr大于13%时钢材的电位由-0.56V升至+0.2V。
- 2) 使金属呈单一相组织, 单一铁素体或者单一奥氏体可以提高抗腐蚀性能, 加入Cr、Ni等金属可以使得金属在常温就保持奥氏体晶相。
- 3) 设计合理的设备结构: 防止液体出现流动死角; 防止不同的金属材料焊接;

❖ 不锈钢的分类:

- 铬不锈钢, 如1Cr13、2Cr13、0Cr13;
- 铬镍不锈钢, 如0Cr18Ni9, 1Cr18Ni9Ti, 00Cr19Ni10

❖ 不锈钢的防锈机理: 合金元素在钢材表面形成致密氧化膜, 造成钝化, 防止腐蚀介质往材料内部扩展。

❖ 合金元素的作用: 见p.118—119

❖ 耐热钢:

❖ 耐低温钢: 如16MnDR

§ 5.5 有色金属及其合金

铜: 纯铜又称紫铜, 黄铜。主要用于导电、导热、垫片

铝: 纯铝、硬铝、防锈铝、铸铝。

§ 5.6 非金属材料

- 化工陶瓷: 作容器衬里
- 橡胶、石棉: 作密封材料
- 工程塑料