

沈莲主编《机械工程材料》(第2版)

习题与思考题

第一章 机械零件的失效分析

1. 何谓失效? 零件失效方式有哪些?
2. 静载性能指标有哪些? 并说明它们各自的含义。
3. 过量弹性变形、过量塑性变形而失效的原因是什么? 如何预防?
4. 何谓韧性断裂和脆性断裂的因素的哪些?
5. 何谓冲击韧性? 如何根据冲击韧性来判断材料的低温脆性倾向?
6. 何谓断裂韧性? 如何根据材料的断裂韧度 K_{IC} 、零件的工作应力 σ 和零件中裂纹半长度 a 来判断零件是否会发生低应力脆断?
7. 压力容器钢的 $s_s = 1000MPa$, $K_{IC} = 170MPa \cdot m^{1/2}$; 铝合金的 $s_s = 400MPa$, $K_{IC} = 25MPa \cdot m^{1/2}$ 。试问这两种材料制作压力容器时发生低应力脆断时裂纹的临界尺寸各是多少(设裂纹的几何形状因子 $Y = \sqrt{p}$)? 何者更适宜做压力容器?
8. 说明典型疲劳断口的特征。如何根据疲劳断口形态大致判断:
 - 1) 循环应力大小;
 - 2) 应力特循环周次多少;
 - 3) 应力集中程度大小。
9. 疲劳抗力指标有哪些? 影响疲劳抗力的因素有哪些?
10. 磨损失效类型有几种? 如何防止零件的各类磨损失效?
11. 腐蚀失效类型有几种? 如何防止零件的各类磨损失效?
12. 何谓蠕变极限和持久强度? 零件在高温下的失效形式有哪些? 如何防止?
13. 有一根轴向尺寸很大的轴, 在 $500^\circ C$ 温度下工作, 承受交变扭转载荷和交变弯曲载荷, 轴颈处承受摩擦力和接触应力, 试分析此轴的失效形式可能有哪几种? 设计时需要考核哪几个力学性能指标?

第二章 碳钢

1. 何谓过冷度? 为什么结晶需要过冷度? 它对结晶后晶粒大小有何影响?
2. 何谓晶体、单晶体、多晶体、晶体结构、点阵、晶格、晶胞?
3. 金属中常见的晶体结构类型有哪几种? α -Fe、 γ -Fe、Al、Cu、Ni、Pb、Cr、V、Mg、Zn 各属何种晶体结构?
4. 何谓同素异构转变? 纯铁在常压下有哪几种同素异构体? 各具有何种晶体结构?
5. 实际晶体中的晶体缺陷有哪几种类型? 它们对晶体的性能有何影响?

6. 固溶体和化合物有何区别?固溶体类型有哪几种? Si、N、Cr、Mn、Ni、B、V、Ti、W 与铁和碳形成何种固溶体或化合物?
7. 何谓匀晶转变、共晶转变、包晶转变、共析转变、固溶体的二次析出转变?根据 Fe-Fe₃C 相图写出它们的转变反应式,并说明转变产物的名称、形态及对铁碳合金力学性能的影响。
8. 根据所学相图知识回答下列问题:

- (1) 图 2-59a 和 b 中的 A-B: 二元合金相图各属于什么类型的相图?
- (2) 分析图 2-59a 中合金①、②、③、④分别从液态缓慢冷却至室温时的结晶过程和室温组织。并应用杠杆定律计算各合金室温下的组织组成物和相组成物的质量分数。
- (3) 分析图 2-59b 中合金①、②、③分别从液态缓慢冷却至室温时的结晶过程和室温组织。并应用杠杆定律计算各合金室温下的组织组成物和相组成物的质量分数。

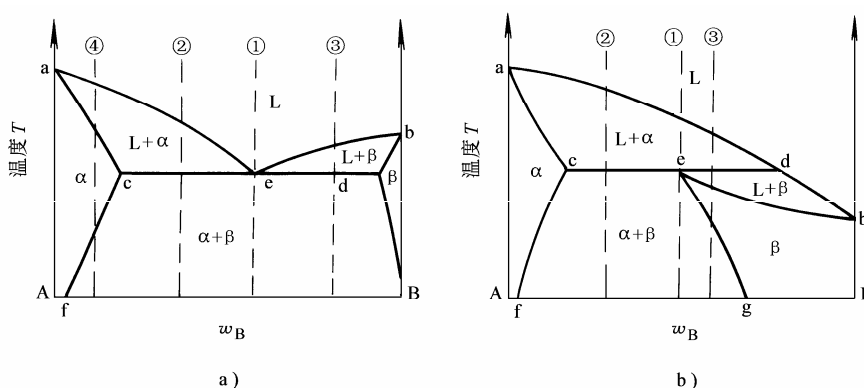


图 2-59 A-B 二元合金相图

9. 画出 Fe-Fe₃C 相图,填出图中各区的相和组织。并分析工业纯铁、 w_c 为 0.3%、 w_c 为 0.77%、 w_c 为 1.2%、 w_c 为 3.0%、 w_c 为 4.3%、 w_c 为 5.0%的铁碳合金从液态缓冷至室温时的结晶过程和室温组织。并应用杠杆定律计算室温下的组织组成物和相组成物的质量百分数。
10. 根据 Fe-Fe₃C 相图说明产生下列现象的原因:
 - (1) $w_c=1.0\%$ 的钢比 $w_c=0.5\%$ 的钢硬度高。
 - (2) $w_c=0.77\%$ 的钢比 $w_c=1.2\%$ 的钢强度高。
 - (3) 钢可进行压力加工(如锻造、轧制、挤压、拔丝等)成形,而铸铁只能铸造成形,而且铸铁的铸造性能比钢好。
11. 钢中常存杂质元素有哪些?对钢的性能有何影响?
12. 何谓冷压力加工和热压力加工?钢经冷压力加工和热压力加工后的组织和性能有何不同?

13. 何谓临界变形度?为什么冷、热压力加工时都要避开临界变形度?
14. 何谓加工硬化?它给生产带来哪些好处和困难?钢丝在冷拉过程中为什么要进行中间退火?如何选择中间退火温度?并以工业纯铁为例,说明中间退火过程中组织和性能的变化。
14. 用冷拔高碳钢丝缠绕螺旋弹簧,最后要进行何种退火处理?为什么?
15. 指出下列钢的类别、主要特点及用途:
 - ① Q215-A.P; ② Q55-B; ③ 10 钢; ④ 45 钢; ⑤ 65 钢; ⑥ T12A。

第三章 钢的热处理

1. 何谓过冷奥氏体?如何测定钢的奥氏体等温转变图?奥氏体等温转变有何特点?
2. 共析钢奥氏体等温转变产物的形成条件、组织形态及性能各有何特点?
3. 影响奥氏体等温转变图的主要因素有哪些?比较亚共析钢、共析钢、过共析钢的奥氏体等温转变图。
4. 比较共析碳钢过冷奥氏体连续冷却转变图与等温转变图的异同点。如何参照奥氏体等温转变图定性地估计连续冷却转变过程及所得产物?
5. 钢获得马氏体组织的条件是什么?钢的含碳量如何影响钢获得马氏体组织的难易程度?
6. 钢在被处理成马氏体组织时为什么还会有残余奥氏体存在?对钢的性能有何影响?
7. 生产中常用的退火方法有哪几种?下列钢件各选用何种退火方法?它们退火加热的温度各为多少?并指出退火的目的及退火后的组织:
 - (1) 经冷轧后的 15 钢钢板,要求保持高硬度;
 - (2) 经冷轧后的 15 钢钢板,要求降低硬度;
 - (3) ZG270—500(原 ZG35)的铸造齿轮毛坯;
 - (4) 锻造过热的 60 钢锻坯;
 - (5) 具有片状渗碳体的 T12 钢坯。
8. 指出下列零件的锻造毛坯进行正火的主要目的、正火加热的温度、及正火后的显微组织:
 - (1) 钢齿轮; (2) 45 钢小轴; (3) T12 钢锉刀。
9. 什么是淬火?常用几种淬火介质各有何优缺点并适用于何种情况?
10. 如何确定碳钢的淬火加热温度?为什么要如此确定?常用淬火方法有哪几种?
11. 何谓钢的淬透性?影响淬透性的因素有哪些?在选材中如何考虑钢的淬透性?
12. 回火的目的是什么?常用的回火方法有哪几种?指出各种回火的加热温度、回火组

- 织、性能及应用范围。说明回火马氏体、回火托氏体、回火索氏体与马氏体、托氏体、索氏体的组织和性能有何不同。
13. 对钢进行表面热处理的目的何在?比较表面淬火、渗碳、渗氮处理在用钢、处理工艺、表层组织、性能、应用范围等方面的差别。
 14. 选择下列零件的热处理方法,并制定工艺路线(各零件均选用锻造毛坯,且钢材具有足够的淬透性):
 - (1) 某机床主轴,要求良好的综合力学性能,轴颈部分要求耐磨(50~58HRC)。材料选用 45 钢;
 - (2) 某机床变速箱齿轮(模数 $m=4$),要求齿面耐磨,心部强度和韧性要求不高。材料选用 45 钢;
 - (3) 镗床镗杆,在重载荷下工作,精度要求极高,并在滑动轴承中运转,要求镗杆表面有极高的硬度,心部有极高的综合力学性能。材料选用 38CrMoAlA;
 - (4) 形状简单的车刀,要求耐磨(60~62HRC)。材料选用 T10 钢。
 15. 何谓真空热处理?真空热处理有何作用?真空热处理有哪些应用,有什么优点?
 16. 何谓可控气氛热处理?可控气氛主要由哪些气体组成,它们与钢铁发生哪些反应?说明可控气氛的类型及应用,以及可控气氛热处理的优点。
 17. 何谓形变热处理,它有哪些基本类型?各类形变热处理对提高材料性能有何作用,其原因何在,在何种情况下应用?

第四章 合金钢

1. 哪些合金元素可使钢在室温下获得铁素体组织?哪些合金元素可使钢在室温下获得奥氏体组织?并说明理由。
2. 合金元素对钢的奥氏体等温转变图和 M_s 点有何影响?为什么高速钢加热得到奥氏体后经空冷就能得到马氏体,而且其室温组织中含有大量残余奥氏体?
3. 何谓回火稳定性、回火脆性、热硬性?合金元素对回火转变有哪些影响?
4. 为什么高速切削刀具要用高速钢制造?为什么尺寸大、要求变形小、耐磨性高的冷变形模具要用 Cr12MoV 钢制造?它们的锻造有何特殊要求?为什么,其淬火、回火温度应如何选择?
5. 比较合金渗碳钢、合金调质钢、合金弹簧钢、轴承钢的成分、热处理、性能的区别及应用范围。
6. 比较不锈钢和镍基耐蚀合金、耐热钢和高温合金、低温钢的成分、热处理、性能的区别及应用范围。
7. 比较低合金工具钢和高合金工具钢的成分、热处理、性能的区别及应用范围,
8. 下列零件和构件要求材料具有哪些主要性能?应选用何种材料(写出材料牌号)?

应选择何种热处理?并制订各零件和构件的工艺路线。

- (1)大桥 (2)汽车齿轮 (3)镗床镗杆 (4)汽车板簧 (5)汽车、拖拉机连杆螺栓
(6)拖拉机履带板 (7)汽轮机叶片 (8)硫酸、硝酸容器 (9)锅炉 (10)加热炉炉底板

9. 判断下列钢号的类别、成分、常用的热处理方法及使用状态下的显微组织和用途:
16Mn、ZGMn13、40Cr、35CrMo、20CrMnTi、4Cr13、GCr15、60Si2Mn、12CrMo、
Cr12MoV、3Cr2W8V、9SiCr、5CrNiMo、W18Cr4V、CrWMn、1Cr18Ni9Ti、Cr17、
38CrMoALA。

第五章 铸铁

1. 何谓石墨化?铸铁石墨化过程分哪三个阶段?对铸铁组织有何影响?
2. 试述石墨形态对铸铁性能的影响?
3. 灰铸铁中有哪几种基本相?可以组成哪几种组织形态?
4. 为什么铸铁的 σ_b 、 δ 、 a_k 比钢低?为什么铸铁在工业上又被广泛应用?为什么球墨铸
5. 简述铸铁的使用性能及各类铸铁的主要应用。
6. 可锻铸铁是如何获得的?所谓黑心、白心可锻铸铁的含义是什么?可锻铸铁可以锻造吗?
7. 下列铸件宜选择何种铸铁铸造:
 - ① 机床床身; ② 汽车、拖拉机曲轴; ③ 1000~1100℃加热炉炉体; ④ 硝酸盛贮器; ⑤ 汽车、拖拉机转向壳; ⑥ 球磨机衬板。

第六章 有色金属及其合金

1. 铝合金是如何分类的?
2. 各类铝合金可通过哪些途径进行强化?
3. 铝合金的热处理的工艺、组织和性能特点是什么?它与钢的淬火、回火变化有何不同?
4. 铝硅金为什么具有良好的铸造性能?在变质处理前后其组织与性能有何变化?这类铝合金主要应用在哪些方面?
5. 变形铝合金包括哪几类铝合金?用 2A01(原 LY1)作铆钉应在何状态下进行铆接?在何时得到强化?
6. 变形镁合金包括哪几类镁合金?它们各自的性能特点是什么?
7. 铸造镁合金分哪几类?它们的性能特点各是什么?
8. 铜合金分哪几类?不同铜合金的强化方法与特点是什么?
9. 黄铜分为几类?分析含 Zn 量对黄铜的组织 and 性能的影响。

10. 黄铜在何种情况下产生应力腐蚀?如何防止?
11. 青铜如何分类?说明含 Zn 量对锡青铜组织与性能的影响,分析锡青铜的铸造性能特点
12. 按应用白铜如何分类?所谓“康铜”是什么铜合金,它的性能与应用特点是什么?
13. 钛合金分为几类?钛合金的性能特点与应用是什么?
14. 轴承合金对性能和组织的要求有哪些?
15. 轴承合金常用合金类型有哪些?请为汽轮机、汽车发动机曲轴和机床传动轴选择合金
16. 指出下列合金的类别, 牌号或代号意义及主要用途
 - (1) ZL102、ZL109、ZL303、ZL401
 - (2) 2A12(原 LY12)、2A70(原 LD7)、3A21(原 LF21)、5A05(原 LF5)
 - (3) H70、ZCuZn38、ZCuZn16Si4、HPb63-3
 - (4) ZCuSn5Pb5Zn5、ZCuPb30、ZCuAl9Mn2、QBe2
 - (5) ZSnSb11Cu6、ZPbSb16Sn16Cu2、ZCuPb15Sn8、ZA1Sn6Cu1Ni1

第七章 高分子材料

1. 简述高分子链的结构特点, 它们对高聚物性能有何影响?
2. 何谓结晶度?它受哪些因素影响?对高聚物性能有何影响?
3. 塑料与橡胶的本质区别是什么?
4. 简述高分子材料的力学性能、物理性能和化学性能特点。
5. 高聚物的聚合方式有哪几种?各有何特点?
6. 高聚物改性途径有哪些?何谓老化?如何防止高聚物老化?
7. 试述常用工程塑料的种类、性能特点及应用。
8. 试述常用合成橡胶的种类、性能特点及应用。
9. 试述常用合成纤维的种类、性能特点及应用。
10. 试述常用合成胶粘剂的种类、性能特点及应用。如何正确选用胶粘剂?

第八章 陶瓷材料

1. 何谓陶瓷?陶瓷的组织由哪些相组成?它们对陶瓷性能各有何影响?
2. 陶瓷材料的主要结合键是什么?从结合键角度分析陶瓷材料的性能特点。
3. 简述陶瓷材料的力学性能、物理性能、化学性能特点。
4. 简述常用工程结构陶瓷的种类、性能特点及应用。
5. 何谓金属陶瓷?硬质合金的成分特点是什么?硬质合金最突出的性能是什么?
6. 硬质合金有哪几类?它们的性能及应用特点是什么?

7. 钢结硬质合金的成分、性能及应用特点是什么?

第九章 复合材料

1. 何谓复合材料?都有哪些类型?
2. 复合材料的性能有什么特点?
3. 常用的增强纤维有哪些?比较它们的性能特点。
4. 简述纤维增强机制以及纤维增强复合的条件。
5. 比较玻璃钢、碳纤维增强塑料、硼纤维增强塑料、碳化硅纤维增强塑料、Kevlar 纤维增强塑料的性能特点, 并举例说明它们的用途。
6. 与纤维增强塑料相比, 纤维增强金属在性能上有何特点? 并举例说明它们的用途。
7. 弥散强化铝合金复合材料的增强机制是什么? 其性能与时效强化铝合金有何不同, 原因何在? 有何用途?
8. 举例说明纤维增强橡胶在机械工程中的应用。
9. 为何纤维与陶瓷复合可以提高韧性和强度? 陶瓷基复合材料的可能应用有哪些?

第十章 功能材料

1. 何谓功能材料? 举例说明功能材料在国民经济及国防建设等方面的重要性。
2. 简要说明导体、绝缘体和半导体的导电特性与其能带结构的关系; 常用半导体材料有哪些类型?
3. 简述超导体的基本特性和超导材料的种类; 举例说明超导材料的应用。
4. 常用强接点和弱接点材料有哪些? 这两类材料在性能和应用方面有何差异?
5. 何谓软磁材料、硬磁材料及磁致伸缩材料? 它们有哪些主要的种类和用途?
6. 材料热膨胀的本质是什么? 影响材料热膨胀系数的主要因素是什么? 简要说明热膨胀材料的主要类型及应用。
7. 合金与聚合物的形状记忆原理有何不同? 常用形状记忆合金有哪些? 举例说明形状记忆合金的应用。
8. 简述热电偶的测温原理; 不同测温范围所用热电偶有何不同?
9. 简述激光产生的原理以及常用固体激光材料。
10. 简述光导纤维的基本构造以及光在光纤中如何传输。
11. 简述材料对气氛、光、声产生敏感的原理; 列举这些不同敏感材料的种类及应用。
12. 材料储氢和释氢的基本原理是什么? 简述储氢合金的种类及应用。
13. 简要说明隐身飞机如何对雷达进行隐形。

第十一章 材料改性新技术

1. 简要说明热喷涂技术的原理及工艺过程。
2. 热喷涂涂层的结构及性质有何特点?
3. 热喷涂技术有何特点?举例说明其应用。
4. 应用激光束可进行哪些表面热处理?其基本原理是什么?
5. 简述离子注入技术的基本原理及特点, 举例说明它的应用。
6. 应用电子束可进行哪些表面热处理?其基本原理是什么?与激光表面热处理相比, 它有哪些优缺点?
7. 简要说明化学气相沉积的基本原理及特点, 并举例说明 CVD 涂层的应用。
8. 物理气相沉积有哪些基本方法?简述它们的基本原理并比较各自的优缺点, 举例说明 CVD 涂层的应用。
9. 快速冷却条件下, 材料的组织和性能会发生哪些显著变化?
10. 实现材料快速凝固的方法有哪些?
11. 简述微晶合金的组织和性能特点, 举例说明微晶合金的应用。
12. 简述非晶态金属的组织和性能特点, 举例说明非晶态金属的应用。
13. 简要说明纳米材料的基本特性。
14. 简述制备纳米材料的主要方法。
15. 举例说明纳米材料的应用。

十二章 零件的选材及工艺路线

1. 简述常用力学性能指标在选材中的意义。
2. 简述断裂韧性在选材中的意义。
3. 设计人员怎样才能做到对材料的强度、塑性、韧性提出合理要求。
4. 设计人员在选材时应考虑哪些原则?如何才能做到合理选材?
5. 今有一贮存液化气的压力容器, 工作温度为 -196°C , 试回答下列问题, 并说明理由。
 - (1) 低温压力容器要求材料具有哪些力学性能?
 - (2) 在下列材料中选择何种材料较合适?
 - ① 低合金高强度钢; ② 奥氏体不锈钢; ③ 形变铝合金; ④ 加工黄铜; ⑤ 钛合金; ⑥ 工程塑料。
6. 选择下列零件的材料并说明理由; 制订加工工艺路线并说明各热处理工序的作用:
 - ① 机床主轴; ② 镗床镗杆; ③ 燃气轮机主轴; ④ 汽车、拖拉机曲轴; ⑤ 中压汽轮机后级叶片; ⑥ 钟表齿轮; ⑦ 内燃机的火花塞; ⑧ 赛艇艇身。

第十三章 工程材料在典型机械上的应用

1. 选择下列汽车零(构)件的材料, 写出它们的牌号或代号, 并说明选材理由。
① 缸体和缸盖; ② 半轴和半轴齿轮; ③ 气门和气门弹簧; ④ 车身和纵梁;
⑤ 汽油箱和输油软管; ⑥ 轮胎。
2. 选择下列机床零(构)件的材料, 写出它们的牌号或代号, 并说明选材理由。
① 床身和导轨; ② 滚动轴承和滑动轴承; ③ 凸轮和滚子; ④ 蜗轮和蜗杆;
⑤ 车刀和拉刀。
3. 选择下列热能设备零(构)件的材料, 写出它们的牌号或代号, 并说明选材理由。
① 锅炉水冷壁管、过热器管和锅筒; ② 反应堆燃料棒、控制棒、压力容器和
一回路管道; ③ 汽轮机叶片、主轴和叶轮、汽缸和隔板。
4. 选择下列仪器仪表零(构)件的材料, 写出它们的牌号或代号, 并说明选材理由。
① 齿轮; ② 摩擦轮; ③ 带轮和传动带; ④ 蜗轮和蜗杆; ⑤ 弹性元件; ⑥
壳体。
5. 选择下列石油化工设备零(构)件的材料, 写出它们的牌号或代号, 并说明选材理
由。
① 压力容器; ② 塔器和反应器; ③ 热交换器; ④ 管道。
6. 选择下列航空航天器零(构)件的材料, 写出它们的牌号或代号, 并说明选材理由。
① 机翼和机体; ② 燃烧室(火焰筒); ③ 涡轮叶片、涡轮盘和涡轮轴; ④ 喷
管和喷嘴; ⑤ 隔热层。