

《工程材料》复习题及参考答案

一. 名词解释题

间隙固溶体: 溶质原子分布于溶剂的晶格间隙中所形成的固溶体。

再结晶: 金属发生重新形核和长大而不改变其晶格类型的结晶过程。

淬透性: 钢淬火时获得马氏体的能力。

枝晶偏析: 金属结晶后晶粒内部的成分不均匀现象。

同素异构性: 同一金属在不同温度下具有不同晶格类型的现象。

临界冷却速度: 钢淬火时获得完全马氏体的最低冷却速度。

共晶转变: 指具有一定成分的液态合金, 在一定温度下, 同时结晶出两种不同的固相的转变。

置换固溶体: 溶质原子溶入溶质晶格并占据溶质晶格位置所形成的固溶体。

变质处理: 在金属浇注前添加变质剂来改变晶粒的形状或大小的处理方法。

晶体的各向异性: 晶体在不同方向具有不同性能的现象。

固溶强化: 因溶质原子溶入而使固溶体的强度和硬度升高的现象。

形变强化: 随着塑性变形程度的增加, 金属的强度、硬度提高, 而塑性、韧性下降的现象。

残余奥氏体: 指淬火后尚未转变, 被迫保留下来的奥氏体。

调质处理: 指淬火及高温回火的热处理工艺。

淬硬性: 钢淬火时的硬化能力。

过冷奥氏体: 将钢奥氏体化后冷却至 A_1 温度之下尚未分解的奥氏体。

C 曲线: 过冷奥氏体的等温冷却转变曲线。

CCT 曲线: 过冷奥氏体的连续冷却转变曲线。

马氏体: 含碳过饱和的 α 固溶体。

回火稳定性: 钢在回火时抵抗硬度下降的能力。

过冷度: 金属的理论结晶温度与实际结晶温度之差。

Ti 是奥氏体型不锈钢, 需采用 固溶 处理, 以获得单相奥氏体, 为了阻止 $(CrFe)_{23}C_6$ 沿晶界析出, 还应进行 稳定化 热处理。

6. 灰铸铁能否充分石墨化, 主要决定于其碳当量和铸后冷却速度, 一般而言, 碳当量越 高, 越有利于石墨化, 冷却速度越 快, 越容易形成白口。

7. 球墨铸铁件可通过热处理来调整其基本组织, 退火 热处理能得到 F+G 基, 调质 热处理能得到 F+P+G 基, 而 正火 能获得 P+G 基

10. 金属结晶时晶粒的大小主要决定于其 形核率和晶核的长大速度, 一般可通过 增加过冷度法或变质处理 来细化晶粒

12. 普通钢, 优质钢的区分是以其中 S 和 P 元素的原子的含量来区分的, P 含量高易使钢产生热脆性, 而 S 含量高易使钢产生冷脆性

13. 所谓本质细晶粒钢是指该钢正常淬火加热时 奥氏体晶粒长大 倾向小的钢

16. 马氏体的形态在两种典型, 即强度高而韧性差的 片 状马氏体和强度低而韧性高的 板条 状马氏体

17. 对奥氏体不锈钢进行 固溶 热处理可获得单相奥氏体组织, 进行 稳定化 热处理可防止产生晶间腐蚀

18. 对普通灰铸铁工件进行低温退火的目的是为了 消除内应力 , 进行高温退火的目的是为了 消除铸件白口、降低硬度 。

19. 材料牌号 QT600-3 中, QT 表示 球墨铸铁 , 600 表示 最低抗拉强度为 600MPa , 3 表示 最低伸长率为 3% 。

23. 在 Fe-Fe₃C 相图中, 包含有三个恒温转变, 其具体的相反应式分别为, 包晶反应 $L_{\delta} + \delta_{\text{Fe}} \rightleftharpoons A_1$, 共晶反应 $L_c \rightleftharpoons A_1 + Fe_3C$, 共析反应 $A_s \rightleftharpoons F + Fe_3C$ 。

24. 常见的合金弹簧钢有 60Si2Mn , 其最终热处理工艺为 去应力退火 , 其最终组织为 索氏体 。

25. 钢进行扩散退火的目的是为了 减少钢锭、铸件或锻坯的化学成分和组织的不均匀性 , 进行再结晶退火的目的是为了 消除加工硬化作用, 便于继续冷加工 。

26. 影响铸铁石墨化的主要因素有 铸铁的成分 和 冷却速度 等

27. 马氏体的硬度主要决定于其 含碳量 , 钢淬火时获得马氏体量的多少主要决定于其 临界冷却速度 。

28. 要降低低冷轧钢板的硬度应进行 完全退火 , 要消除合金铸件的枝晶偏析应进行 均匀化退火 , 要改善高碳钢的切削加工性能应进行 等温退火 。

29. 常用弹簧的牌号有 65Mn、60Si2Mn , 其热处理工艺为 淬火和中温回火 , 热处理后的组织是 回火托氏体 。

31. 实际晶体中主要存在三类缺陷, 其中点缺陷有 空位 和 间隙原子 等, 线缺陷有 位错 , 面缺陷有 亚晶界 等。

32. 奥氏体不锈钢进行固溶处理的目的是 获得单相奥氏体组织, 提高钢的耐蚀性 , 进行稳定化处理的目的是 防止晶间腐蚀的产生 。

33. 经 正火 处理能改善低碳钢的切削加工性能, 经 等温退火 处理消除高碳高合金钢中的残余奥氏体。

35. 合金钢按用途可分为三类, 即 合金结构钢 , 合金工具钢 , 和 特殊性能钢 。

36. 合金钢中常用的渗碳钢为 20CrMnTi (牌号), 常用的调质钢为 40Cr , 常用的刃具钢为 9SiCr , 常用的耐磨钢为 ZGMn13 。

37. 金属浇铸造时常采用的细化晶粒方法有两种, 即 变质处理 和 附加振动 。

38. 铁有三种同素异构体在 912 度以下时为 体心立方结构 , 在 912 度以上, 1394 度以下时为 面心立方结构 , 高于 1394 度而低于熔点时为 体心立方结构 。

40. 金属晶体通过 滑移 和 孪生 两种方式发生塑性变形。

41. 冷变形金属在加热时随加热温度的升高, 其组织和性能的变化分为三个阶段, 即 回复 , 再结晶 , 晶粒长大 。

43. 在 Fe-Fe₃C 合金组织中, 一次渗碳体是指从 液体合金 中析出的, 二次渗碳体是指从 A 中析出的, 三次渗碳体是指从 F 中析出的。

44. 在铁碳合金的平衡组织中, 常见的三个单相组织为 F , A 和 Fe₃C , 常见的两个两组织为 P , Ld 。

45. 下列各材料的退火组织构成为: 工业纯铁 F , 亚共析钢 F+P , 过共析钢 P+Fe₃C_{II} , 亚共晶白口铸铁 P+Ld' +Fe₃C_{II} , 过共晶白口铸造铁为 Ld' +Fe₃C_I 。

48. 钢加热时奥氏体的形成分为三个阶段, 依次为 奥氏体晶核的形成及长大 , 残余渗碳体 , 奥氏体的均匀化 。

49. 钢加热奥氏体化后, 先淬入水中, 再淬入油中, 该淬火工艺通常被称为 双介质淬火 。

50. 钢淬火时所得马氏体的形态主要决定于其 成分 , 马氏体的硬度主要决定于其 碳的含量 , 马氏体

量的多少主要决定于其临界冷却速度。

53. 渗碳和氮化相比, 前者的热处理变形比后者大, 后者的硬化层与基体的结合力比前者高。
54. 工件渗碳后直接淬火相对于一次淬火的优点是工艺简单、效率高、成本低、脱碳倾向小, 缺点是耐磨性较低、变形较大。
55. 碳素结构钢相对于合金结构钢而言, 优点是冶炼、加工简单, 价格便宜, 缺点淬透性差、缺乏良好的机械性能。
58. 纯金属的晶格类型主要有体心立方晶格, 面心晶格和密排六方晶格三种
59. 金属结晶的必要条件是一定的过冷度。
61. 金属中的位错密度越高, 则其强度越高, 塑性越差。
63. 冷加工和热加工是以金属的再结晶温度区分的
65. 合金中的基本相分为固溶体和金属化合物两类
66. 按照溶质原子在溶剂中位置的不同, 固溶体分为置换固溶体和间隙固溶体。
70. 铁碳合金的基本相中, 塑性最好的是A, 强度最高的是P, 硬度最高的是Cm。
71. 珠光体是指F和Cm所形成的两相组织, 其形态一般是粗片状。
73. 灰口铸造铁和白口铸铁的组织相比较, 灰口铸造铁中不应有渗碳体组织, 而白口铸铁中没有片状石墨组织
77. 亚共析钢的正火温度为Ac₃以上, 30—50度, 而过共析钢的正火温度为Accm以上 30—50度
79. 工具钢一般都属于优质碳钢, 其机加工前的预处理工艺为退火, 机加工后的最终热处理工艺为淬火+低温回火。
81. 常用不锈钢按其组织构成分为马氏体不锈钢, 铁素体不锈钢, 奥氏体不锈钢。
83. 不锈钢的成份特点是碳含量较低和铬含量高
84. 碳在铸铁中主要以渗碳体和石墨的形式存在
85. 提高铸铁中碳元素和硅元素的含量, 有利于其石墨化
86. 钢中常见的合金元素按与碳的亲合力大小分为合金渗碳体和特殊碳化物两类

五. 简答题

1. 某过共析钢工件因终锻温度过高, 其组织中出现了网状渗碳体, 对工件的机性有何影响? 采用何种工艺可将之消除。

答: 某过共析钢工件因终锻温度过高, 其组织中出现了网状渗碳体, 将使工件的强度下降, 力学性能变坏。可以采用正火的热处理方法来消除。

2. 某T12钢工件退火时, 误当作45钢而进行了完全退火, 其组织和性能会发生什么变化, 因该工件切削加工困难, 应采用什么热处理工艺来改善之。

答: 某T12钢工件退火时, 误当作45钢而进行了完全退火, 其组织中出现了网状渗碳体, 将使工件的强度下降, 力学性能变坏。可以采用正火的热处理方法来消除。

4. 试说明为什么亚共析钢必须进行完全淬火, 而过共析钢则只能进行不完全淬火。

答: 亚共析钢必须在 $Ac_3+30-50^{\circ}\text{C}$ 加热, 进行完全淬火, 并使淬火组织中保留一定数量的细小弥散碳化物颗粒, 以提高其耐磨性。而过共析钢加热到 $Ac_1+30-50^{\circ}\text{C}$ 进行不完全淬火, 其原因在于: 若碳化物完全熔入奥氏体中, 马氏体中将出现过多的残余奥氏体, 从而会造成多方面的害处, 例如: 碳含量过高, 淬火后全部形成片状马氏体, 脆性增加, 且奥氏体增加, 硬度下降; 组织中会失去硬而耐磨的碳化物颗粒, 令耐磨性降低等; 而且淬火后会得到粗针状马氏体, 显微裂纹增多, 令钢的脆性增大; 同时会令淬火应力增大, 加大工件变形开裂倾向。

5. 高碳高合金钢工件淬火时极易开裂, 采取什么措施可有效防止其开裂?

答: (1) 合理设计零件结构;

(2) 淬火前进行退火或正火, 以细化晶粒并使组织均匀化, 减少淬火产生的内应力;

(3) 淬火加热时严格控制加热温度, 防止过热使奥氏体晶粒粗化, 同时也可减少淬火时的热应力;

(4) 采用适当的冷却方法;

(5) 淬火后及时回火, 以消除应力, 提高工件的韧性。

6. 确定下列工件的退火工艺, 并说明其原因: (1) 冷轧 15 钢钢板要求降低硬度. (2) 正火态的 T12 钢钢坯还要求改善其切削加工性. (3) 锻造过热的 60 钢锻坯要求细化晶粒.

答: (1) 完全退火; $\overline{F} + \overline{B}$

(2) 球化退火;

(3) 等温退火。

7. 某 40MnB 钢主轴, 要求整体有足够的韧性, 表面要求有较高的硬度和耐磨性, 采用何种热处理工艺可满足要求? 简述理由。

答: 采用正火、调质 (预备热处理), 以及淬火+低温回火 (最终热处理)。

(1) 正火: 主要为了消除毛坯的锻造应力, 降低硬度以改善切削加工性, 同时也均匀组织, 细化晶粒, 为以后的热处理做组织准备。

(2) 调质: 主要使主轴具有高的综合力学性能。

(3) 淬火+低温回火: 提高表面的硬度和耐磨性, 而心部具有足够的韧性, 其中低温回火的作用是消除淬火应力及减少脆性。

8. 金属晶粒大小对金属的性能有何影响? 说明铸造时细化晶粒的方法及其原理。

答: 金属晶粒越细, 金属的强度越高, 塑性和韧性也越好, 反之力学性能越差。

铸造时细化晶粒的方法有:

(1) 增加过冷度: 当过冷度增大时, 液态金属的结晶能力增强, 形核率可大大增加, 而长大速度增加较少, 因而可使晶粒细化。

(2) 变质处理: 在液态金属结晶前, 加入一些细小的变质剂, 使金属结晶时形核率 N 增加, 因而可使晶粒细化。

(3) 振动处理: 在金属结晶时, 对液态金属附加机械振动、超声波振动或电磁振动等措施使已生长的晶粒因破碎而细化, 同时破碎的晶粒尖端也起净核作用, 增加了形核率, 使晶粒细化。

9. T12 钢工件经正常淬火后其表面硬度比 60 钢低的原因是什么? 如何进一步提高其硬度?

答: 原因是: 淬火加热温度过低、保温时间不足、冷却速度过低、工件表面脱碳或预先热处理不当等。

进一步提高其硬度的方法是将工件退火或正火后重新进行淬火。

11. 示意画出钢的 C 曲线, 并在 C 曲线上画出等温淬火和分级淬火的冷却工艺曲线。

12. 比较 20 钢和 T10 钢的退火, 正火, 淬火组织的异同。

答: 退火: 20 钢: 奥氏体

T10 钢: 珠光体

正火: 20 钢: 奥氏体

T10 钢: 珠光体

淬火: 20 钢: 马氏体

T10 钢: 马氏体

13. 现有下列零件及可供选择的材料, 给各零件选择合适的材料, 并选择合适的最终热处理方法 (或使用状态)。零件名称: 自行车架, 连杆螺栓, 车厢板簧, 滑动轴承, 变速齿轮, 机床床身, 柴油机曲轴。

可选材料: 60Si2Mn, ZQSn6-6-3, QT600-2, T12A, 40Cr, HT200, 16Mn, 20CrMnTi。

答: 自行车架: 16Mn 焊接

连杆螺栓: 40Cr 最终热处理方法: 调质;

车厢板簧: 60Si2Mn 最终热处理方法: 淬火+中温回火;

滑动轴承: ZQSn6-6-3 使用状态: 铸造;

变速齿轮: 20CrMnTi 最终热处理方法: 渗碳后淬火、低温回火;
 机床床身: HT200 最终热处理方法: 去应力退火;
 柴油机曲轴: QT600-2 最终热处理方法: 等温淬火。

14. 有一传动轴(最大直径 $\phi 20\text{mm}$) 受中等交变拉压载荷作用要求沿截面性能均匀一致, (1) 选择合适的材料, (2) 编制简明工艺路线, (3) 说明各热处理工艺的主要作用: (4) 指出最终组织。

可供选择材料: 16Mn, 20CrMnTi, 45, 40Cr, 40CrNiMo, T12, "6", "5"

答: (1) 选用 20CrMnTi

(2) 简明工艺路线: 备料→锻造→正火→机械加工→渗碳→淬火、低温回火→机械加工。
 (3) 热处理工艺的主要作用如下:

正火: 主要为了消除毛坯的锻造应力, 降低硬度以改善切削加工性, 同时也均匀组织, 细化晶粒, 为以后的热处理做组织准备。

渗碳: 为了保证传动轴表层的含碳量及渗碳层深度的要求。

淬火+低温回火: 提高表面的硬度和耐磨性, 而心部具有足够的韧性, 其中低温回火的作用是消除淬火应力及减少脆性。

15. 常见的合金结构钢有哪些? 写出其牌号, 说明其一般使用时的热处理状态(即最终热处理)和用途。

答: 常见的合金结构钢有:

(1) 低合金高强度结构钢: 其中 Q345 是最常用的低合金高强度结构钢, 一般不进行热处理, 广泛用于制造桥梁、船舶、车辆、锅炉、压力容器、起重机械等钢结构件。

(2) 合金渗碳钢: 20CrMnTi 是最常用的合金渗碳钢, 一般是渗碳后淬火、低温回火, 用来工作中承受较强烈的冲击作用和磨损条件下的渗碳零件。

(3) 合金调质钢: 40Cr 是最常用的合金调质钢, 其热处理工艺是调质, 用来制造一些受力复杂的重要零件, 如机床的主轴等。

(4) 合金弹簧钢: 常用的合金弹簧钢的牌号有 60Si2Mn、60Si2CrVA 和 50CrVA, 热成形弹簧钢进行淬火、中温回火, 冷成形弹簧钢只需进行依次去应力退火, 合金弹簧钢主要用语制造各种弹性元件, 如制作汽车的减震板弹簧等。

(5) 滚动轴承钢: 目前应用最多的有: GCr15 主要用于中小型滚动轴承; GCr15SiMn 主要用于较大的滚动轴承, 滚动轴承钢的热处理包括预备热处理(球化退火)和最终热处理(淬火+低温回火)。