

## Engineering material homework 4

于若涛

2001190137

工程科学创培 201

表 1-符号说明

$\gamma$	奥氏体
$M_s$	马氏体转变开始温度
$v_c$	临界冷却速度
$G_I$	一次石墨
$G_{II}$	二次石墨
$L'$	铸铁液相
$\gamma$	初生奥氏体
$\alpha$	铁素体
$M_{\square}$	回火马氏体
$S_{\square}$	回火索氏体
$G_{共}$	共晶石墨
$G_{析}$	共析石墨
$R_m$	抗拉强度
$a_k$	冲击韧度
$A$	材料塑性

4-2: 奥氏体等温转变图: 除Co外, 几乎所有的合金元素固溶于 $\gamma$ 中, 均增加 $\gamma$ 的稳定性, 减慢过冷奥氏体分解速度, 使得奥氏体等温转变图图线右移;

$Mn, Cr, W, Mo$ 等元素改变奥氏体等温转变图图线形状, 珠光体转变与贝氏体转变明显分开;

$Mn, Cr$ 使贝氏体转变图右移作用大于使珠光体转变图右移的作用;

$Mo, W$ 使贝氏体转变图右移作用小于使珠光体转变图右移的作用;

$M_s$ : 除Co, Al外, 大多数合金元素会使钢的 $M_s$ 下降;

高速钢属于高碳高合金工具钢, 其合金质量分数超过10%, 合金元素溶于 $\gamma$ 中, 增加 $\gamma$ 的稳定性, 使得奥氏体等温转变图图线右移, 所需 $v_c$ 较低, 空冷时便能得到马氏体组织。由于合金元素溶于 $\gamma$ 中, 减慢了过冷奥氏体的分解速度, 室温下组织中含大量残留奥氏体。

4-4: (1) 高速钢中掺杂的合金元素提高了钢的硬度、热硬性、耐磨性, 适合制作用于切削高硬度或高韧性材料的特殊刀具;

高速钢中含有大量共晶碳化物, 如 $Fe_3W_3C$ ,  $Fe_3Mo_3C$ 等, 轧制后破碎成大块、大颗粒, 呈带状、网状或堆集状沿轧制方向分布, 无法用热处理方法消除, 故需采用大的锻压比 (>10), 反复锻粗、拔长 (三锻三拔), 使粗大碳化物进一步破碎, 呈小颗粒均匀分布;

淬火至1200~1300°C, 使碳化物大部分溶于 $\gamma$ ; 回火550~570°C 3次, 每次一小时, 使残留奥氏体尽量减少, 提高构件硬度, 消除内应力;

(2) 高铬钢中掺杂的合金元素, 提高了钢的硬度、热硬性, 钢具有高耐磨性, 适合制作承受重载荷、形状复杂、要求变形小、耐磨性高、热硬性好的构件;

铸态组织中存在较多共晶碳化物, 热轧后沿轧制方向呈条带分布, 须反复锻造加以破碎, 并使其均匀分布;

用一次硬化法：将模具加热至950~1000℃淬火，后在160~180℃回火，使模具具有较高耐磨性、韧性，变形较小；

#### 4-8: (1) 大桥

主要性能：良好的塑性、韧性、焊接性能，耐大气腐蚀性；

材料选择：Q345合金钢；

热处理：热轧空冷，焊接后进行一次正火处理；



#### (2) 汽车齿轮

主要性能：表面高硬度、高耐磨性，高接触疲劳强度；

材料选择：20CrMnTi合金钢；

热处理：渗碳后直接进行淬火、低温回火；



#### (3) 镗床镗杆

主要性能：高强度，高塑性、韧性，良好的综合力学性能；

材料选择：38CrMoAlA合金钢；

热处理：调质（淬火+高温回火）；



#### (4) 汽车板簧

主要性能：高弹性极限，高屈服强度，高疲劳强度，足够的韧性、脆性；

材料选择：60Si2Mn合金钢；

热处理：淬火+中温回火；



#### (5) 连杆螺栓

主要性能：高强度，高塑性、韧性，良好的综合力学性能；

材料选择：40Cr合金钢；

热处理：淬火+高温回火；



#### (6) 拖拉机履带板

主要性能：高强度，良好的韧性、耐磨性；

材料选择：ZGMn13合金钢；

热处理：渗碳后直接进行淬火、低温回火；



## (7) 汽轮机叶片

主要性能：耐腐蚀性，较高的断裂韧性；

材料选择：20Cr13合金钢；

热处理：调质处理；



## (8) 硫酸、硝酸容器

主要性能：耐腐蚀性；

材料选择：10Cr17合金钢；

热处理：正火；



## (9) 锅炉

主要性能：高热稳定性，高热强性；

材料选择：06Cr13Al合金钢；

热处理：正火（700~800℃加热空冷）；



## (10) 加热炉炉底板

主要性能：高热稳定性，高热强性；

材料选择：06Cr13Al合金钢；

热处理：正火（700~800℃加热空冷）；



4-9:

Q345: 种类：合金结构钢；

含量： $w_C \leq 0.20\%$ ,  $w_{Si} \leq 0.50\%$ ,  $w_{Mn} \leq 1.70\%$ ；

热处理：热轧空冷；

室温组织： $\alpha$ +球光体；

应用：桥梁、车辆、船舶、压力容器、建筑结构；

ZGMn13: 种类：高锰耐磨钢；

含量： $w_C = 0.90\% \sim 1.50\%$ ,  $w_{Mn} = 13.00\%$ ；

热处理：水韧处理；

室温组织：单一 $\gamma$ ；

应用：履带板、牙板、铁路道岔；

40Cr: 种类：合金调质钢；

含量： $w_C = 0.37\% \sim 0.44\%$ ,  $w_{Mn} = 0.50\% \sim 0.80\%$ ,  $w_{Cr} = 0.80\% \sim 1.10\%$ ；

热处理：低温淬火+低温回火或高温淬火+高温回火；

室温组织:  $S_{\square}$ ;

应用: 重要调质件, 如轴类、连杆、螺栓、进气阀;

35CrMo: 种类: 合金调质钢;

含量:  $w_C = 0.32\% \sim 0.40\%$ ,  $w_{Mn} = 0.40\% \sim 0.70\%$ ;

热处理: 淬火+高温回火;

室温组织:  $S_{\square}$ ;

应用: 火车发动机曲轴、连杆;

20CrMnTi: 种类: 合金渗碳钢;

含量:  $w_C = 0.17\% \sim 0.23\%$ ,  $w_{Mn} = 0.80\% \sim 1.10\%$ ,  $w_{Ti} = 0.04\% \sim 0.10\%$ ,  $w_{Cr} = 1.00\% \sim 1.30\%$ ;

热处理: 渗碳后直接进行淬火, 后低温回火;

室温组织: 表层组织为细针状回火高碳马氏体+粒状碳化物+少量残留 $\gamma$ , 心部组织为 $\alpha$ +低碳马氏体;

应用: 汽车、拖拉机上变速箱齿轮;

40Cr13: 种类: 特殊性能钢-马氏体型不锈钢;

含量:  $w_C = 0.10\% \sim 1.00\%$ ,  $w_{Cr} = 12.0\% \sim 18.0\%$ ;

热处理: 淬火+低温回火;

室温组织:  $M_{\square}$ ;

应用: 不锈钢刀具;

GCr15: 种类: 合金结构钢-轴承钢;

含量:  $w_C = 0.95\% \sim 1.05\%$ ,  $w_{Cr} = 1.40\% \sim 1.65\%$ ;

热处理: 球化退火、淬火、低温回火;

室温组织: 球状珠光体;

应用: 中小型滚动轴承、冷冲模、量具、丝杠;

60Si2Mn: 种类: 合金结构钢-合金弹簧钢;

含量:  $w_C = 0.56\% \sim 0.69\%$ ,  $w_{Mn} = 0.60\% \sim 0.90\%$ ,  $w_{Si} = 1.50\% \sim 2.00\%$ ;

热处理: 淬火+中温回火;

室温组织: 回火托氏体;

应用: 截面小于 25mm 的各种螺旋弹簧、板弹簧;

Cr12MoV: 种类: 合金工具钢-高碳高合金工具钢;

含量:  $w_C = 1.45\% \sim 1.70\%$ ,  $w_{Mo} = 0.40\% \sim 0.60\%$ ,  $w_V = 0.15\% \sim 0.30\%$ ;

热处理: 淬火+高温回火;

室温组织: 细针状 $M_{\square}$  + 粒状碳化物 + 少量残留 $\gamma$ ;

应用: 冷切剪刀、圆锯、切边模、滚边模、标准工具与量规;

06Cr19Ni10Ti: 种类: 特殊性能钢-奥氏体型不锈钢;

含量:  $w_C = 0.08\%$ ,  $w_{Ni} = 9.0\% \sim 12.0\%$ ,  $w_{Cr} = 1.70\% \sim 1.90\%$ ;

热处理: 淬火+去应力退火;

室温组织: 单一 $\gamma$ 组织;

应用: 化学工业耐蚀材料;

3Cr2W8V: 种类: 合金工具钢-高碳高合金工具钢;

含量:  $w_C = 0.30\% \sim 0.40\%$ ,  $w_V = 0.20\% \sim 0.50\%$ ,  $w_W = 7.50\% \sim 9.00\%$ ,  $w_{Cr} = 2.20\% \sim 2.70\%$ ;

热处理: 淬火+高温回火;

室温组织: 细针状 $M_{\square}$  + 粒状碳化物 + 少量残留 $\gamma$ ;

应用: 高应力压模、螺钉、热剪切刀、压铸模;

9SiCr: 种类: 合金工具钢-高碳低合金工具钢;

含量:  $w_C = 0.85\% \sim 0.95\%$ ,  $w_{Mn} = 0.30\% \sim 0.60\%$ ,  $w_{Si} = 1.20\% \sim 1.60\%$ ,  $w_{Cr} = 0.95\% \sim 1.25\%$ ;

热处理：球化退火、淬火、高温回火；

室温组织：细针状 $M_{\text{回}}$  + 粒状碳化物 + 少量残留 $\gamma$ ；

应用：板牙、丝锥、钻头、铰刀、冷冲模；

5CrNiMo：种类：合金工具钢-中碳合金工具钢；

含量： $w_C = 0.50\% \sim 0.60\%$ ,  $w_{Mn} = 0.50\% \sim 0.80\%$ ,  $w_{Ni} = 1.40\% \sim 1.80\%$ ,  $w_{Cr} = 0.50\% \sim 0.80\%$ ；

热处理：淬火+高温回火；

室温组织：回火托氏体+索氏体；

应用：热压模、大型锻模；

W18Cr4V：种类：合金工具钢-高碳高合金工具钢-高速钢；

含量： $w_C = 0.73\% \sim 0.83\%$ ,  $w_W = 17.2\% \sim 18.7\%$ ,  $w_V = 1.00\% \sim 1.20\%$ ,  $w_{Cr} = 3.80\% \sim 4.50\%$ ；

热处理：淬火+3次高温回火；

室温组织：细针状 $M_{\text{回}}$  + 粒状碳化物 + 少量残留 $\gamma$ ；

应用：形状复杂的小型刀具；

CrWMn：种类：合金工具钢-高碳低合金工具钢；

含量： $w_C = 0.90\% \sim 1.05\%$ ,  $w_{Mn} = 0.80\% \sim 1.10\%$ ,  $w_W = 1.20\% \sim 1.60\%$ ,  $w_{Cr} = 0.90\% \sim 1.20\%$ ；

热处理：球化退火、淬火、高温回火；

室温组织：细针状 $M_{\text{回}}$  + 粒状碳化物 + 少量残留 $\gamma$ ；

应用：板牙、量规、冲模；

10Cr17Mo：种类：特殊性能钢-铁素体型不锈钢；

含量： $w_C = 0.12\%$ ,  $w_{Mo} = 0.75\% \sim 1.25\%$ ,  $w_{Cr} = 16.00\% \sim 18.00\%$ ；

热处理：退火；

室温组织：单相 $\alpha$ 组织；

应用：硝酸工厂设备，如吸收塔、热交换器等；

38CrMoAlA：种类：合金结构钢-合金调质钢；

含量： $w_C = 0.35\% \sim 0.42\%$ ,  $w_{Mn} = 0.30\% \sim 0.60\%$ ,  $w_{Si} = 0.20\% \sim 0.45\%$ ,  $w_{Cr} = 1.35\% \sim 1.65\%$ ,

$w_{Mo} = 0.15\% \sim 0.25\%$ ,  $w_{Al} = 0.70\% \sim 1.10\%$ ；

热处理：淬火+高温回火；

室温组织： $S_{\text{回}}$ ；

应用：渗氮零件，如机床主轴、高压阀门、缸套；

5-1：石墨化：铸铁中石墨的形成过程；

石墨化阶段：(1) 液态石墨化：过共晶熔液中直接结晶出 $G_I$ 和1154°C共晶转变形成的共晶石墨；



(2) 中间石墨化：1154~738°C冷却过程中， $\gamma$ 中析出 $G_{II}$ ；

(3) 低温石墨化：738°C共析转变成 $G_{\text{析}}$ ；



石墨化降低了铸铁组织的抗拉强度、塑性、韧性；提高了其铸造性、可切削加工性、减震性，降低了生产成本；

5-4：(1) 铸铁组织中，部分碳以石墨的方式存在，其碳原子分层排列，同层原子间结合力较强，层间原子间结合力较弱。石墨组织分布于整个铸铁组织中，使铸铁的结构变得更加松散，宏观表现为 $A$ 、 $R_m$ 、 $a_k$ 的降低；

(2) 石墨化提高了铸铁组织的铸造性、可切削加工性、减震性，且铸铁生产所需成本较低，生产工艺较简单；

(3) 球墨铸铁中石墨呈球状，对基体的割裂作用小，应力集中小，提高了基体强度；且球墨铸铁有铸铁的良好铸造性、耐磨性、可切削加工性、低成本等优点，在具备中碳钢优良性能的同时，弥补了中碳钢的不足。

5-7:

- (1) 机床床身：承受压力与振动，故选用灰铸铁 $HT200$ ；
- (2) 汽车、拖拉机曲轴：要求高抗拉强度、弯曲疲劳强度、高塑性韧性，故选用球墨铸铁 $QT600-3$ ；
- (3) 加热炉炉体：热循环载荷下工作，要求高导热性，故选用蠕墨铸铁 $RuT400$ ；
- (4) 硝酸盛贮器：要求耐蚀性，故选用合金铸铁中耐蚀合金铸铁；
- (5) 汽车、拖拉机转向壳：形状复杂、承受冲击载荷，故选用可锻铸铁 $KTH350-10$ ；
- (6) 球磨机衬板：要求高耐磨性与一定强度、适当韧性，故选用合金铸铁中耐磨合金铸铁；