



哈尔滨工业大学
材料科学与工程学院

材料加工工程 复习参考书（初试） （第1版）



材料人哈工大 16 年考研群 422072569（或者扫上述二维码加群）

材料人 16 年考研交流总群 425196697



考研学院微信公共账号

考研学院语音交流平台 YY89956011

材料人考研学院出品

共享、互助、免费

<http://www.cailiaoren.com/kaoyan/>



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

序 言

本书为哈尔滨工业大学材料科学与工程学院材料加工工程专业的复习参考书,此参考书由材料人网站考研学院团队考研大组哈尔滨工业大学考研小组的辅导员编写。

哈尔滨工业大学材料科学与工程学院所有专业有:材料物理与化学、材料学、材料加工工程、材料工程(专业硕士)、空间材料与加工、信息功能材料与器件。其中材料学专业分金属材料与陶瓷材料方向、高分子材料方向、航天学院材料学;材料加工工程专业分焊接、铸造、锻造、电子封装四个方向。

本手册主要内容是材料加工工程专业,由2015年考研学长学姐精心编辑,其余专业和方向的考研指导手册会在以后的时间陆续推出!

内容主要包括专业课初试大纲以及参考书目、2006年-2015年初试真题和参考答案、复试大纲及参考书目、复试流程。该参考书适用于材料加工工程专业的考生,目的在于帮助考生更好的复习专业课,了解复试内容和流程,以便从容应对初试和复试。

本复习参考书是由考研学院团队哈工大考研组的辅导员N(组长、主编)、志平、曦曦、梦琦、阿特luo波s、沉默术士、众志成城88等编著。

本复习参考书在编写过程中得到了材料人网站站长-龙骑士、材料人协会-小柒啊、材料人考研学院院长-驰骋等志同道合的朋友的大力支持、考研学院辅导员团队的300多位的同学修改指正!在此表示感谢!

本版为2015年4月第1版,由于编排工作时间紧张,书中难免出现一些纰漏,在此恳请读者见谅,也衷心希望读者能够批评指正,为本书提出您宝贵的修改意见,让我们能够将其完善,为考生提供更好的帮助。

如果您对本手册有任何意见或建议,请发送邮件至材料人网电子邮箱:
xueyuan@cailiaoren.com,材料人网考研学院将尽快与您取得联系。

材料人考研学院

2015年4月19日



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

目 录

第一章 专业课初试大纲及参考书目	3
第二章 专业课初试历年真题与参考答案	4
第三章 复试工作方案及复试名单	79



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

第一章 专业课初试大纲及参考书目

《金属学与热处理原理》考试大纲（初试）

一、考试要求

要求考生全面、系统地掌握“金属学与热处理”课程的基础理论，基本知识和基本技能，并能灵活运用金属学热处理理论分析和解决工程实际的问题的综合能力。

二、考试内容

1) 金属学理论

- a: 金属与合金的晶体结构及晶体缺陷
- b: 纯金属的结晶理论
- c: 二元合金相图及二元合金的结晶
- d: 铁碳合金及 Fe-Fe₃C 相图
- e: 三元合金相图
- f: 金属的塑性变形理论及冷变形金属加热时的组织性能变化

2) 热处理原理及工艺

- a: 钢的加热相变理论
- b: 钢的冷却相变理论
- c: 回火转变理论
- d: 合金的时效及调幅分解
- e: 钢的普通热处理工艺及钢的淬透性

三、试卷结构

- a) 满分: 150 分
- b) 题型结构
 - a: 基本知识与基本概念题 (约 30 分)
 - b: 理论分析论述题 (约 60 分)
 - c: 实际应用题 (约 30 分)
 - d: 计算与作图题 (约 30 分)
- c) 内容结构
 - a: 金属学理论 (约 90 分)
 - b: 热处理原理及工艺 (约 60 分)
- d) 试题形式
 - a: 选择题
 - b: 判断题
 - c: 简答与综合题等

四、参考书目:



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

《金属学与热处理原理》，崔忠圻、刘北兴编，哈尔滨工业大学出版社，2004年修订版



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

第二章

哈 尔 滨 工 业 大 学 材 料 科 学 与 工 程 学 院

《金属学与热处理原理》

历年真题与参考答案

2006—2015





2006 年哈尔滨工业大学金属学与热处理学科考研试题

1. 选择题（不定项选择）

(1)当加热到A3 温度（即是GS 线对应的温度）时，碳钢中的铁素体将转变为奥氏体，这种转变可称为（ ）

①同素异晶转变；②重结晶；③伪共晶；④再结晶；⑤多晶型转变

(2)若体心立方晶胞的晶格常数为 a ，则其八面体间隙（ ）

①是不对称的；②是对称的；③位于面心和棱边中点；④位于体心和棱边中点；

⑤半径为 $(2 - \sqrt{3}a) / 4$

(3)在 912°C $\alpha\text{-Fe}$ (其晶格常数为 0.2892nm)转变为 $\gamma\text{-Fe}$ (其晶格常数为 0.3633nm)时的体积（ ）

①膨胀；②收缩；③不变；④变化率为 -0.89% ；⑤变化率为 1.20%

(4)渗碳体是一种（ ）

①间隙相；②金属化合物；③正常化合物；④电子化合物；⑤间隙化合物

(5)六方晶系的 $[100]$ 晶向指数，若改用四坐标轴的密勒指数标定，可表示为（ ）

① $[2110]$ ；② $[1120]$ ；③ $[1210]$ ；④ $[\bar{2}110]$ ；⑤ $[1010]$

(6)在晶面 (110) 和 (111) 所在的晶带，其晶带轴的指数为（ ）

① $[\bar{1}10]$ ；② $[110]$ ；③ $[011]$ ；④ $[0\bar{1}1]$ ；⑤ $[101]$

2. 判断题

(1)（ ）过冷度越大，晶体生长速度越快，晶粒长得越粗大

(2)（ ）晶界处原子处于不稳定状态，故其腐蚀速度一般都比晶内快

(3)（ ）微观内应力是由于塑性变形时，工件各部分之间的变形不均性所产生的

(4)（ ）回复可使冷变形金属的加工硬化效果及内应力消除。

(5)（ ）马氏体与回火马氏体的一个重要区别在于：马氏体是含碳的过饱和固溶体，回火马氏体是机械混合物

(6)（ ）几乎所有的钢都会产生第一类回火脆性，若回火后采用快冷的方式可以避免此类脆性。

(7)（ ）回火索氏体于索氏体相比有更好的综合力学性能。

(8)（ ）在正温度梯度条件下，固溶体合金仍可能以树枝状方式长大。

3. 简单题



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

- (1)金属塑性变形后组织和性能的变化。
- (2)马氏体具有高强度的原因
- (3)什么是高温回火脆性？如何抑制与消除？

4. 综合题

- (1)画出Fe-Fe₃C 相图的示意图，分析含碳量 $W_C=1.2\%$ 的碳钢合金平衡结晶过程，画出冷却曲线，表明每一阶段该合金的显微组织示意图，并分别计算室温下该合金的相组成物及组织组成物的相对含量。
- (2)甲乙两厂都生产同一种轴类零件，均选用45 钢（含有0.45%C），硬度要求220-240HB，甲厂采用正火，乙厂采用调质处理，均能达到硬度要求，试分析甲乙两厂产品的组织和性能差别。





2007 年哈工大材料学院材料加工工程金属学与热处理考研真题

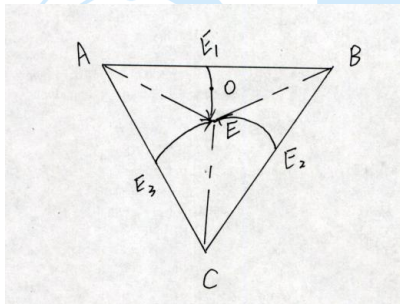
金属学与热处理部分

简答题:

1. 举例说明什么是组元，相，组织？
2. 纯金属与固溶体合金平衡结晶有什么相同点和不同点？
3. 临界变形度对金属再结晶后的组织和性能有什么影响？

综合题:

1. 画出 Fe-C 相图，标明各个相区，一次渗碳体，二次渗碳体，三次渗碳体，共晶渗碳体，共析渗碳体形成条件，组织结构，晶体结构有什么相同点和不同点？合金中的二次渗碳体的最大含量多少？
2. 铝的密度是 2.69g/cm^3 , 假设其中只有肖脱基空位，求空位浓度？(阿伏加德罗常数 6.022×10^{23} , 铝的原子量是 26.98, 铝的点阵常数 0.4049nm)
3. 分析 O 点的结晶过程？求 O 点在室温下组织的组成物与百分比？



4. 正火与淬火加热的温度范围？用 T12 号钢（含碳量 1.2%）制作锯条，写出热处理的工艺名称，冷却方法，加热温度，写出最终获得的组织及其性能特点？

判断题:

1. 过冷度越大，形核率与线长大速率的比值越大，则获得的晶粒越细小。（ ）
2. 金属以及合金由液态转变为固态的过程称为结晶，是一个典型的相变过程。（ ）
3. 金属铸件可以通过再结晶退火来达到细化晶粒的目的。
4. 回复退火可以有效的消除冷变形金属的内应力。
5. 几乎所有的钢都会产生第一类回火脆性，若回火后采用快冷的方式可以避免此类脆性。（ ）



选择题:

- 当加热到 A_3 温度 (即为 GS 线对应的温度), 亚共析钢中的奥氏体转变为铁素体, 这种转变可称为 ()。
A. 同素异晶转变 B. 重结晶 D. 再结晶 E. 结晶
- 若面心立方晶体的晶格常数为 a , 则其八面体间隙 ()。
A. 是不对称的 B. 是对称的 C. 位于面心和棱边中点 D. 位于体心和棱边中点
- 在 912°C $\alpha\text{-Fe}$ (其晶格常数为 0.02464nm) 转变为 $\gamma\text{-Fe}$ (其晶格常数为 0.0486nm) 时的体积 ()。
A 膨胀; B 收缩; C 不变; D 不能确定
- 渗碳体是一种 ()
A 间隙相; B 金属化合物; C 间隙化合物 D 固溶体
- 六方晶系的 $[100]$ 晶向指数, 若改用四坐标轴的密勒指数标定, 可表示为 ()。
A $[2\bar{1}\bar{1}0]$; B $[\bar{1}1\bar{2}0]$; C $[\bar{1}2\bar{1}0]$; D $=1$ 负 210 ;
- 晶面 (110) 和 $(1\text{负}11)$ 所在的晶带, 其晶带轴的指数为 ()
A 负 112 B $1\text{负}12$ C $02\text{负}1$ D $0\text{负}12$
- 对于平衡状态下的亚共析钢, 随着含碳量的增加, 其
A. 硬度, 强度均升高 B. 硬度下降, 塑性升高
C. 塑性, 韧性均下降 D. 强度塑性均不变
- 固溶体合金与共晶合金相比, 固溶体合金通常具有如下特性
A. 铸造性好 B. 锻造性好 C. 焊接性好 D. 机械加工性好
- 含碳量 1% 的碳钢平衡结晶到室温, 则在室温下该合金中
A 相组成物为铁素体和渗碳体 B. 组织组成物是铁素体和二次渗碳体
C 珠光体含量为 96% D 铁素体总含量为 85%
- 为获得细小的晶粒的铝合金, 可采用如下工艺
A 固溶处理 B 变质处理 C 调质处理 D 冷变形和中间退火
- 经冷变形的金属随后加热到一定温度将会发生回复再结晶, 这是一个
A 低位错密度的晶粒取代高位错密度的晶粒的过程 B 也是一个形核和长大的过程
C 是一个典型的固态相变的过程 D 也是重结晶过程
- 下贝氏体是
A 含碳量饱和的单相铁素体 B 呈现竹叶状
C 呈现羽毛状 D 含碳过饱和的片状铁素体和碳化物组成的复相组织
- 铸铁和碳钢的主要区别在于组织中是否有
A 渗碳体 B 珠光体 C 铁素体 D 莱氏体
- 调幅分解是固溶体分解的一种特殊形式



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

- A 一种多晶形转变 B 形核和长大的过程
C 无形核的直接长大过程 D 一种固溶体分解位成分不同而结构相同的两种固溶体
- 15 碳渗入 γ -Fe 中形成间隙固溶体, 成为
A 铁素体 B 奥氏体 C 马氏体 D 索氏体
- 16 通常情况下, 随回火温度的升高, 淬火钢的
A 强度下降 B 硬度下降 C 塑性提高 D 韧性基本不变
- 17 影响固溶度的主要因素有
A 溶质和溶剂原子的原子半径差 B 溶质和溶剂原子的电负性差
C 溶质元素的原子价 D 电子浓度
- 18 具有光滑界面的物质在负的温度梯度下长大时
A 以二维晶核方式长大 B 以螺旋方式长大
C 以垂直方式长大 D 呈现树枝状结晶
- 19 利用三元相图的变温界面图可以
A 确定三元合金平衡相的成分 B 定性分析三元合金的平衡结晶过程
C 确定平衡相的含量 D 应用杠杆定律和重心法则
- 20 马氏体具有高强度的原因
A 固溶强化 B 相变强化 C 时效强化 D 细晶强化





2008 年哈工大研究生入学考试金属学与热处理真题

选择题（不定项选择）

- 1: 晶格常数为 a 的体心立方晶核, 其八面体间隙 ()
① 是不对称的; ② 间隙半径 $\approx 0.067a$; ③ 晶胞的面心和棱边中点; ④ 由 6 个原子所围成
- 2: 钴冷却到 1120°C 时由面心立方晶格 (fcc) 转变成理想的密排六方晶格 (hcp), 则单位质量的钴发生上述转变时其体积 ()
① 将膨胀; ② 将收缩; ③ 不发生变化; ④ 不能确定
- 3: 在 A_{C1} 到 A_{C3} 温度区间加热时, 低碳钢中的铁素体将逐渐转变为奥氏体, 这种转变可称为 ()
① 二次再结晶; ② 重结晶; ③ 同素异构转变; ④ 多晶型转变
- 4: 碳钢中的奥氏体相属于 ()
① 间隙相; ② 间隙固溶体; ③ 间隙化合物; ④ 置换固溶体
- 5: 六方晶系的 $[010]$ 晶向指数, 若改用四坐位标轴的密勒指数标定, 可表示为 ()
① $[2110]$; ② $[1120]$; ③ $[\bar{1}2\bar{1}0]$; ④ $[1210]$
- 6: 晶面 (101) 和 (111) 所在的晶带轴的指数为 ()
① $[110]$; ② $[011]$; ③ $[10\bar{1}]$; ④ $[110]$
- 7: 随着含碳量的增加, 铁碳合金室温下的平衡组织变化顺序为 ()
① 珠光体 \rightarrow 铁素体 \rightarrow 莱氏体; ② 铁素体 \rightarrow 珠光体 \rightarrow 莱氏体;
③ 莱氏体 \rightarrow 珠光体 \rightarrow 铁素体; ④ 铁素体 \rightarrow 莱氏体 \rightarrow 珠光体
- 8: 渗碳体是钢中常见的金属化合物, 在含碳量为 0.45% 的优质钢中平衡组织中, 渗碳体可能的存在形式有 ()
① 一次渗碳体; ② 二次渗碳体; ③ 三次渗碳体; ④ 共析渗碳体
- 9: 含碳量 2.11% 铁碳合金平衡结晶到室温, 则室温下的合金中 ()
① 相组成物为铁素体和渗碳体; ② 组织组成物为珠光体和二次渗碳体;
③ 二次渗碳体含量约为 29.3%; ④ 珠光体总含量为 68.7%
- 10: 根据结晶时形核和长大规律, 为了细化铸锭中或焊缝区的晶粒, 可采用如下方法: ()
① 提高过冷度, 以提高形核率和长大速率的比值; ② 变质处理;
③ 调质处理; ④ 对即将凝固的金属进行搅拌和振动
- 11: 对于平衡分配系数 $k_0 < 1$ 的固溶体合金而言, 有利于出现成分过冷的因素有 ()
① 液相中的温度梯度 C_L 越小; ② 结晶速度 R 越大;



- ③溶质浓度 C_0 越大; ④液相线的斜率 m 越小
- 12: 在较高温度回火加热保温时, 析出弥散特殊碳化物, 同时残留奥氏体发生部分分解, 而在随后的回火冷却时转变为马氏体, 导致钢的硬度升高, 这种现象称为 ()
- ① 二次硬化; ②二次淬火; ③回火稳定性; ④回火脆性
- 13: 溶质固溶度随温度降低而显著减少的合金, 经固溶处理后在室温下放置一段时间, 其力学性能将发生的变化是 ()
- ① 强度和硬度显著下降, 塑性提高; ②硬度和强度明显提高, 但塑性下降;
③强度, 硬度和塑性都明显提高; ④强度, 硬度和塑性都明显下降
- 14: 有利于钢中形成魏氏组织的条件是 ()
- ① 含碳量小于 0.6% 的亚共析钢; ②奥氏体晶粒粗大;
③钢由高温以较快速度冷却; ④含碳量大于 1.2% 的过共析钢
- 15: 碳溶入 α -Fe 中形成的过饱和间隙固溶体称为 ()
- ① 铁素体; ②奥氏体; ③马氏体; ④贝氏体
- 16: 第一类回火脆性 ()
- ① 又称为低温回火脆性; ②在几乎所有的钢中都会出现这类脆性;
③也称为高温回火脆性; ④又称为不可逆回火脆性
- 17: 淬火钢进行回火的目的是 ()
- ① 稳定组织; ②减少或消除淬火应力;
③提高钢的塑性和韧性; ④获得强度和塑性, 韧性的适当配合
- 18: 具有粗糙界面的合金在正温度梯度条件下结晶时 ()
- ① 以二维晶核方式长大; ②以螺型位错方式长大;
② 以垂直方式长大; ④可能呈现平面状或树枝状多种晶体形态
- 19: 利用三元相图的等温截面图, 可以 ()
- ① 固定三元合金平衡相的成分; ②定性分析三元合金的平衡结晶过程;
② 利用杠杆定律和重心法则; ④确定平衡相得含量
- 20: 纯铝在室温下进行塑性变形时, 其组织和性能的变化有 ()
- ① 逐渐形成纤维组织和形变组织; ②位错密度升高形成形变胞;
③减少残余内应力和点阵畸变; ④呈现形变强化和各向异性

判断题

1. 钢经加热转变得成分单一, 均匀的奥氏体组织, 随后采用水冷或油冷的处理工艺称为淬火, 而采用空气中冷却的处理工艺称为正火。
2. 在碳钢中共析钢与过共析钢相比, 共析钢具有较高的淬透性和淬硬性。
3. 不平衡结晶条件下, 成分偏离共晶点远的合金易于形成离异共晶组织。
4. 再结晶退火可有效消除冷变形区的内应力。
5. 冷变形态组织的再结晶温度为 $T_{再}=0.4T=0.4 \times 660^\circ\text{C}=264^\circ\text{C}$ 。



6. 若加入合金元素使钢在加热转变得到的奥氏体组织稳定性提高, 将导致碳钢的淬透性下降。

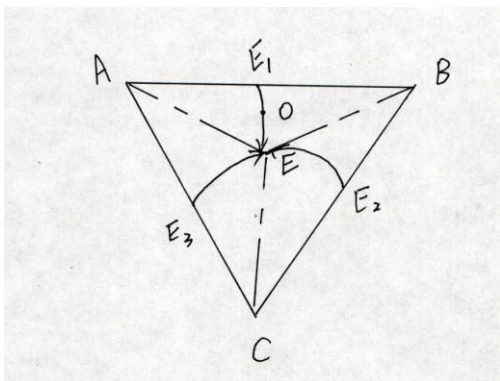
简答题 (3×10 分)

1. 钢中 P, S 杂质缺陷对钢产生的影响,
2. 固溶体合金和共晶合金对金属材料力学性能和工艺性能的影响。
3. 直径为 15mm 的 40CrNiMo 棒状毛胚, 经加热转变得奥氏体组织, 随后在空气中冷却, 处理后其硬度较高, 这是什么原因: 采用何种的热处理工艺能提高该毛胚机械加工性能?

分析题 (3×10 分)

1: 图 1 为组元在固态下互不溶解的三元共晶相图的投影图。

- (1) 分析 0 点成分合金的平衡结晶过程。
- (2) 写出该合金在室温下组织和相的相对含量。



备注: (将 0 点改为在线段 BE 之间)

2: 根据 Pb-Sn 相图

- (1) 画组织转变示意图来分析说明 $W_{Sn}=40\%$ 亚共晶合金平衡结晶过程。
- (2) 计算 $W_{Sn}=40\%$ 亚共晶合金 183°C 共晶转变结束后, 先共晶 α 相和共晶组织时组织 ($\alpha + \beta$) 的质量百分数, 以及相组成物 α 和 β 相的质量百分数。
- 3: 试比较说明贝氏体的转变与珠光体和马氏体转变的异同点。



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2009 年哈工大材料学院材料加工工程专业金属学与热处理考研真题

一选择题(1*10=10)

1. 体心立方晶体四面体间隙()
A. 对称; B. 不对称; C. 其半径为 $\frac{\sqrt{5}-\sqrt{3}}{4}a$ D. 由四个原子组成;
2. 体心立方的钛在高温向密排六方转变, 半径增大 0.002. 其体积变化()
A 不变; B 增大; C 减小; D 不能确定
3. 钢铁中的铁素体相属于()
A 间隙相; B. 间隙固溶体; C 置换固溶体; D 金属化合物;
4. 密排六方的晶向[110], 换算成四轴坐标()
- 5 金属再结晶是()
A 固态相变过程; B 是一个形核与长大过程; C 不是相变过程; D 重结晶;
6. 三元相图的垂直截面图可以()
A 计算平衡相的成分与含量; B 可以定性分析金属结晶过程; C 可以运用杠杆定律和直线法则;
7. 可以使金属产生塑性变形的力是()
A 拉应力; B 压应力; C 切应力.
8. 淬火钢回火的变化是()
A 强度, 硬度增加; B 强度, 硬度下降; C 塑性增加. D 韧性基本不变

二判断题(6*1=6)

1. 回火可以完全消除加工硬化效果和内应力;

三. 简答题(4*10=40)

1. 什么是离异共晶, 产生条件?
2. 试比较索氏体、屈氏体、马氏体和回火索氏体、回火屈氏体、回火马氏体形成条件, 组织形态与性能的差别?
3. 试分析塑性变形金属的性能与组织的变化?
4. 简述淬火钢回火过程

四. 综合题(38)



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

1. 根据铁碳相图(1)画出含碳量 3.0%的亚共晶白口铁的结晶过程, 分析结晶过程; (2). 计算其室温的相组成和组织组成物?
2. 单晶体铜受力, 力轴[001]. 临界分切应力为 0.62Mpa, 问铜单晶可以产生塑变的最小拉力?
3. 需要一弹簧, 要求屈服强度大于 1000MPa; 抗拉强度大于 1200Mpa; 延伸率大于 0.05%
1. 选择材料 (HT200, 45 , 40cr, T10, 60si2Mn, 2cr13 , 20crMnTi)
2. 选择最终热处理工艺?
3. 写出最终组织?



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2010 年哈工大材料加工初试真题

选择:

- ①除化学成分外, 决定金属材料性能的重要因素还有:
A 晶体结构类型 B 晶体缺陷种类和数量 C 组织形态 D 热加工工艺
- ②金属和非金属的本质区别在于金属具有:
A 良好的延展性 B 良好的导电性 C 正电阻温度系数 D 负电阻温度系数
- ③晶格常数为 a 的奥氏体, 其八面体间隙:
A 不对称 B 间隙半径 $\approx 0.146a$ C 位于晶胞的体心和棱边中心 D 由 6 个原子组成
- ④Ti 冷却到 883°C 时由 bcc 转变成 hcp, 则单位质量的 Ti 发生上述转变时其体积变化:
A 收缩 B 膨胀 C 不变化 D 不确定
- ⑤ $\text{Ac}_1 \sim \text{Ac}_3$ 温度区间冷却时, 低碳钢中的奥氏体转变为铁素体, 这种转变为:
A 再结晶 B 二次再结晶 C A_3 转变 D 多晶型转变
- ⑥钢中铁素体属于:
A 间隙相 B 间隙固溶体 C 间隙化合物 D 置换固溶体
- ⑦立方晶系 $[210]$ 采用四坐标轴的指数标定是:
- ⑧晶面 (121) 和 (111) 所在晶带轴系数指数:
- ⑨为细化晶粒, 对大型铸件可采用哪些方法处理:
A 减小过冷度 B 变质处理 C 降低冷却速度 D 固溶与时效
- ⑩对于一个位错环, 其不同位错线处必有:
A 相同的位错类型 B 唯一的柏氏矢量 C 不同的位错类型 D 不同的柏氏矢量
- ⑪对冷变形的金属构件, 采用回复退火处理可达:
A 构件基本保持加工硬化状态 B 有效消除第二类内应力
C 减轻构件的变形、翘曲 D 提高了塑韧性, 改善了耐蚀性



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

⑫ 渗碳体在 $w(C)=1.2\%$ 的钢中平衡组织中可能存在的形式:

A Fe_3C_I B Fe_3C_{II} C 共晶 Fe_3C D 共析 Fe_3C

⑬ $w(C)=0.6\%$ 的钢在平衡结晶到室温时:

A 相组成物为铁素体+渗碳体 B 组织组成物为珠光体+铁素体
C 珠光体的含量为 77% D 铁素体相的含量为 91%

⑭ 固溶体合金在正温度梯度下结晶:

A 以垂直长大方式 B 以二维晶核长大方式
C 以螺型位错方式长大 D 可能呈平面状、胞状、树枝状结晶

⑮ 碳溶于 α -Fe 中过饱和固溶体(间隙固溶体)称:

A 铁素体 B 马氏体 C 奥氏体 D 珠光体

⑯ 第一类回火脆性:

A 不可逆回火脆性 B 高温回火脆性 C 低温回火脆性 D 几乎所有的钢都会出现

⑰ 过共析钢经锻造后, 进行正火处理可能达到的效果:

A 调整硬度, 以便于机械加工 B 细化晶粒, 消除应力
C 消除网状渗碳体 D 消除魏氏组织和带状组织

⑱ 利用三元相图的变温截面图, 可以:

A 确定三元合金平衡相的组成 B 定性分析三元合金的平衡结晶过程
C 运用杠杆定理和直线法则 D 确定平衡相含量

⑲ 铝铸锭在 300°C 下进行塑性变形时, 其组织变化:

A 形成纤维组织 B 位错密度升高, 形成形变胞或形变亚晶
C 产生残余内应力和点阵畸变 D 气泡焊合、缩松压实、成分均匀化

⑳ 单相铝合金只有____处理才能得到高强度高硬度:

A 固溶和时效 B 淬火和回火 C 冷变形和再结晶 D 正火和退火

判断

1. 冷变形态金属构件再结晶退火处理后, 其晶粒形态和晶格类型均发生变化



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2. 钢经加热转变得到的单一成分、均匀的奥氏体组织，随后采取冷却以获得马氏体类组织的热处理称淬火，正火的实质是完全奥氏体化加伪共析转变
3. 对亚共析钢而言，随着含碳量的增加，其淬透性和淬硬性增加
4. 金属呈加工硬化的主要原因是由于变形金属中位错密度增大以至缠结，阻碍位错的运动。使金属强度升高，故金属中无位错时，强度最低
5. Cu、Ni 合金在室温下是单相固溶体，其中 $w(\text{Ni})=4\%$ 的合金比 $w(\text{Ni})=10\%$ 的合金硬度高
6. 无论温度分布如何，纯金属晶体都是平面生长

简答:

1. 什么是置换固溶体？影响因素是什么？
2. 纯金属与固溶体结晶的异同点？
3. 什么是冷脆和热脆？产生原因及防治措施？
4. 马氏体转变过程的特点？马氏体高强高硬原因？

综合:

1. 晶粒度对金属性能影响？总结学过的细化晶粒的方法？
2. 从产生条件，性能特点，组织形态区别索氏体和回火索氏体？





哈尔滨工业大学 2011 年硕士研究生入学考试试题

考试科目：金属学与热处理 报考专业：材料加工工程等

考生注意：答案务必写在答题纸上，并标明题号。答在试题上无效。

一、选择题（在每小题的四个备选答案中，选出一个或一个以上正确的答案，

写在题号后的括号内，例如，写作：一、18. (①③④)。正确的答案没有选全或选错的，该题无分，每题 2 分，共 40 分)。

1. 当冷却到 A_{C3} 温度时，亚共析钢中的奥氏体转变为铁素体，这种转变可称为 ()：

①多晶型转变 ②重结晶 ③同素异晶转变 ④再结晶；

2. 一条曲折的位错线，_____。()：

①具有唯一的位错类型 ②具有唯一的柏氏矢量 ③位错类型和柏氏矢量处处相同 ④位错类型和柏氏矢量处处不同；

3. 在 883°C 时，纯钛由体心立方晶格转变为密排六方晶格，若原子半径不变，则单位质量的钛发生上述转变时其体积 ()：

①将膨胀 ②将收缩 ③变化率约为 -8.1% ④变化率约为 8.8% ；

4. 铜导线在室温反复弯折，会越变越硬，并很快发生断裂，而铅丝在室温经反复弯折却始终处于较软的状态，其原因是 ()：

①铜发生加工硬化，不发生再结晶 ②铜不发生加工硬化，也不发生再结晶 ③铅发生加工硬化，不发生再结晶 ④铅发生加工硬化，也发生再结晶

5. 六方晶系的 $[210]$ 晶向指数，若改用四坐标轴的密勒指数标定，可表示为

()： ① $[10\bar{1}0]$ ② $[\bar{1}010]$ ③ $[1\bar{1}00]$ ④ $[00\bar{1}1]$

6. 以 $[112]$ 为晶带轴的共带面为 ()：

① $(1\ 1\ 1)$ ② $(1\ 1\bar{1})$ ③ $(\bar{1}\bar{1}1)$ ④ $(\bar{1}1\ 0)$

7. 对于亚共析钢，淬火后为获得细小的马氏体和少量残余奥氏体组织，适宜的淬火加热温度为 ()

① $A_{r1}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ② $A_{C3}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ③ $A_{r3}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ④ $A_{cm}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$

8. 影响淬火后马氏体组织的粗细的因素有 ()：

①奥氏体化的加热温度和保温时间 ②母相奥氏体的晶粒度 ③合金元素 ④淬火冷却速度

9. 在平衡冷却转变条件下，碳钢的显微组织中含有 50%珠光体和 50%铁素体，则此合金中 ()：

①含碳量约为 0.4% ②含碳量约为 0.8%

③铁素体含量约为 94% ④渗碳体含量约为 94%

10. 对于可热处理强化的铝合金，其热处理工艺通常为 ()：



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

11. 影响非均匀形核率的主要因素 ()
12. 下贝氏体是 ()
13. 二次结晶 ()
14. 实际金属一般表现出各向同性, 这是因为实际金属为 ()
15. 合金元素碳溶入铁素体, 将引起铁素体 ()
16. 复相合金中, 一相为硬脆的金属化合物分布在金属基体上, 对合金的强韧性最为有利的组织形态是 ()
17. 在三元相图中 ()
18. 具有粗糙界面的固溶体合金在正温度梯度下 ()
19. 拉伸单晶体时, 滑移面转向 () 时最易产生滑移。
20. 伪共晶区 ()

二、判断题 (每题 6 分, 共 12 分)

(回忆不起来啦, 加哈工大 16 年考研群吧 422072569)

三、简答题 (每题 10 分, 共 40 分)

1. 以共析钢为例说明奥氏体的形成过程及影响奥氏体晶粒长大的因素。
2. 晶界和相界有何区别? 怎样对它们进行分类?
3. 什么是钢的回火脆性? 产生的原因是什么? 如何抑制和消除?
4. 以 Al-4%Cu 合金为例, 说明过饱和固溶体合金时效脱溶过程及其力学性能的变化规律。

四. 综合题 (1 题 28 分, 2 题 30 分)

1. (1) 画出 Fe-Fe₃C 相图示意图
(2) 分析含碳量为 $W_c=5\%$ 的过共析白口铸铁平衡结晶过程, 画出冷却曲线, 标明每一阶段该合金的显微组织示意图
(3) 分别计算室温下, 该合金中一次渗碳体、共晶渗碳体、二次渗碳体的相对含量
2. 图 1 为组元在固态下互不溶解的三元共晶合金相图的投影图。
(1) 画出 I—I 位置的垂直截面图, 并填写相区
(2) 分析 0 点成分合金的平衡结晶过程, 画出冷却曲线和室温下的组织示意图。
(3) 写出该合金在室温组织下组织组成物的相对含量表达式

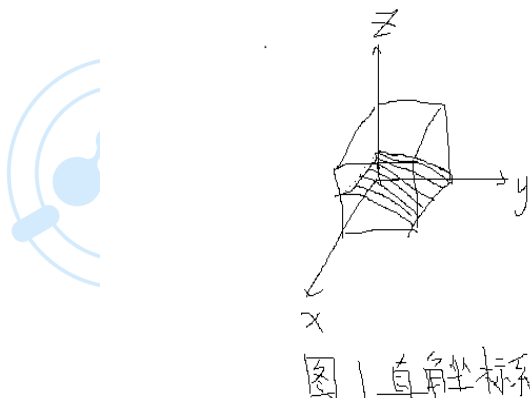


哈尔滨工业大学

2012 年硕士研究生入学考试试题

一. 选择题（每小题 4 分，共 40 分）

1. 影响结晶过冷度因素；
 - (1) 金属本性，金属不同，其过冷度大小不同
 - (2) 金属的纯度，纯度越高，其过冷度越大
 - (3) 冷却速度，冷却速度越大，其过冷度越大
 - (4) 铸造模具所用材料，金属模具大于砂摸的过冷度
2. 图 1 中斜线所示晶面的晶面指数为：
 - (1) (1 2 0)
 - (2) (1 0 2)
 - (3) (2 0 1)
 - (4) (0 1 2)



3. 影响再结晶的因素与规律为：
 - (1) 纯度越高，再结晶温度越低
 - (2) 冷变形量越大，再结晶温度越低
 - (3) 加热速度越快，再结晶温度越低
 - (4) 金属本性，其熔点越低再结晶温度越低
4. 塑性变形后的金属随着加热温度的升高和时间的延长，可能会发生如下变化：
 - (1) 显微组织以此发生回复，再结晶和晶粒长大三个阶段
 - (2) 组织由缺陷密度较高的纤维形态转变为缺陷密度较低的等轴晶粒
 - (3) 内应力松弛或被消除，应力腐蚀倾向显著减小
 - (4) 强度，硬度下降，塑性，韧性提高



5. 影响置换式固溶体溶解度的因素有：
- (1) 尺寸差：溶质与溶剂原子尺寸差越小，溶解度越大
 - (2) 电负性差：溶解度随电负性减小而增大
 - (3) 电子浓度：电子浓度越小，其溶解度越大
 - (4) 晶体结构：晶格类型相同，溶解度越大
6. 六方晶系的 $[0\ 1\ 0]$ 晶向指数，若改用四坐标轴的密勒指数标志，可表示为：
- (1) $[\bar{1}\ \bar{1}\ 2\ 0]$ (2) $[1\ 1\ \bar{2}\ 0]$ (3) $[\bar{1}210]$ (4) $[\bar{2}\ 1\ 1\ 0]$
7. 晶面 $(0\ 1\ 1)$ 和 $(1\ 1\ 1)$ 所在的晶带，其晶带轴的指数为：
- (1) $[\bar{1}\ 1\ 0]$ (2) $[1\ \bar{1}\ 0]$ (3) $[011]$ (4) $[\bar{1}\ 0\ 1]$
8. 调幅分解是固体分解的一种特殊形式，其特征可描述为：
- (1) 一种固溶体分解为成分不同而结构相同的两种固溶体
 - (2) 无形核与长大过程的转变
 - (3) 保持共格关系的转变
 - (4) 一种同素异构转变
9. 具有粗糙界面的固溶体合金在正温度梯度条件时：
- (1) 以二维晶核方式生长
 - (2) 以螺型位错方式长大
 - (3) 以垂直方式长大
 - (4) 晶体形态可能呈树枝状
10. 某金属元素其键能越高，则：
- (1) 其熔点也越高
 - (2) 强度，模量也越高
 - (3) 其原子半径越小
 - (4) 其热膨胀系数越小

二. 判断题(用 T 和 F 表示，每小题 5 分，共 20 分)

1. 钢经加热转变得成分单一，均匀的奥氏体组织，随后采用水冷或油冷的处理工艺称为淬火；而采用空气中冷却的处理工艺称为正火。
2. 共析钢过冷奥氏体在连续冷却过程中，既可能发生珠光体转变和马氏体转变，也可能发生贝氏体转变。
3. 宏观内应力是由于塑性变形时，工件各部分之间的变形不均匀所产生的。
4. 三元合金中最多可能出现四相平衡。

三. 简答与计算题(每题 10 分，共 60 分)

1. 体心立方晶格常数为 a_0 ，试计算体心立方晶格滑移系中滑移面的原子密度和滑移方向上的线密度。(结果保留两位有效数字)



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2. 比较高碳钢马氏体和下贝氏体的不同点。
3. 简述铸锭三晶区的形成过程。
4. (1) 分析含碳 4.3% 的铁碳合金的平衡结晶过程，并画出组织示意图；
(2) 分别计算莱氏体中共晶渗碳体，二次渗碳体，共析渗碳体的含量。(结果保留两位有效数字)
5. 何为临界变形度？其在工业生产中有何意义？
6. 金属材料的锻造或热轧制的温度如何选择？锻造或热轧制的作用是什么？

四. 综合题(每题 15 分，共 30 分)

1. 用含碳 1.2% 过共析钢(其 $A_{cm} = 850^{\circ}\text{C}$) 制作一个切削工具，其加工工艺过程为：锻造后缓冷→正火→球化退火→机加工成形→淬火→低温回火。
(1) 各热处理的目的是什么？得到什么组织？ (2) 写出各热处理工艺的加热温度和冷却方式。
2. 说明形变强化的概念，强化的机理，强化的规律，强化的方法以及形变强化在生产中的实际意义。



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2013 年哈工大金属学与热处理初试真题（回忆版）

一选择题（4X10 分）

- 1 体心立方线、面密度。
2. 983℃ 体心立方转变为密排六方，2% 体积变化
3. 密排六方（101）转换为 4 个坐标的
4. 金属以及合金原子作用形式表现为
5. 单晶体材料的各向异性
6. 那几个空位的定义（弗兰克尔空位 肖脱基空位。。。）
7. 位错的判断
8. fcc 上 $\tau = 1\text{Mpa}$ ，在（111）面、[110] 晶向，求[101]上最小切应力
9. 为使铸锭的收缩可能地提高到顶部，从而减小铸锭的切头率，通常采用的方法有
10. 为使大型金属铸锭宏观组织中柱状晶区占有更大比例，应采用的工艺方法有。

二判断题

1. 条幅分解的定义
2. 置换固溶体
3. 粗糙界面晶体长大的方式
4. 金属键能

三 简述题

- 1 影响再结晶温度的因素
- 2 随加热温度升高时间延长其变形组织的组织和性能变化
- 3 空间点阵与晶体结构有何关系与区别
- 4 临界晶核与过冷度有何关系？临界晶核的物理意义

四综合题（30 分）

以平衡组织状态共析钢为例

- 1 画图说明加热阶段奥氏体形成过程
- 2 画示意图分析说明奥氏体界面碳浓度分布变化规律与奥氏体长大机制
- 3 影响奥氏体晶粒长大的因素



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2014 年哈工大金属学与热处理初试真题（回忆版）

一选择题

- 1 六方晶系中的坐标换算（110）
- 2 根据图形写出晶面指数
- 3 条幅分解的相关概念
- 4 纯金属在正温度梯度条件下结晶时晶体生长形态可能为
- 5 影响晶体表面能的因素
- 6 铜棒只有通过先冷塑形变形随后再加热到某一相对较低温度才能是晶粒细化，而铁棒则只需要加热到某一相对较高温度保温即可使其晶粒细化的原因
- 7 钢的淬透性是指钢在淬火获得马氏体的能力相关的概念
- 8 与金属模型相一致的描述
- 9 与晶体相一致的描述
- 10 影响淬火态钢的硬度主要因素

二判断题

- 1 体心立方晶格的致密度比面心立方晶格的低，说明它的空间间隙数多，所以它的固溶度比面心立方晶格的大
- 2 随着溶质浓度的增加，固溶体的电阻率升高，电阻温度系数下降
- 3 许多间隙具有明显的金属特性，这表明间隙的结合既有共价键性质，又带有金属键性质
- 4 缺陷显著影响金属材料的性能，其缺陷密度越高，其强度也越高

三简答与计算

- 1 图为组元在固态下相互不溶解的三元共晶合金相图的投影图，分析 0 点成分合金的平衡结晶过程及室温组织，并写出该合金在室温下组织成分物的相对含量表达式。（图和书上一样，但是这个题比书上的简单，把书上的看懂就行了）
- 2 金属结晶时为什么需要过冷？分析推到当液相金属向晶体转变时，单位体积自由能的转变自由能和过冷度的关系。
- 3 杂质元素 P、S 对钢性能的影响？
- 4 什么是魏氏组织？说明其形成条件，组织形态，以及对钢性能的影响及消除方法。
- 5 试述共析钢淬火后回火过程中组织转变过程，写出三种典型的回火组织及其性能特点。
- 6 以含铜 0.45% 的 Al-Cu 合金为例，说明饱和固溶体脱溶过程，影响脱溶动力学的因素以及合金时效时性能的演化规律。



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

四综合题

1 用含碳量 0.6%的亚共析钢 ($Ac_3=800, Ac_1=730$) 制作

(1) 较小尺寸的螺旋弹簧 ($d=8\text{mm}$)，加工工艺：1000℃锻造后等温冷却至 550 摄氏度保温 2 小时——空冷——，(室温拉拔——680 摄氏度退火——室温拉拔)——缠绕成型——f: 250 摄氏度 1 小时退火——空冷。说明工艺 f 的目的及其得到的组织。

(2) 较大尺寸螺旋弹簧 ($d=20\text{mm}$)，工艺过程：一. 1000 摄氏度锻造后热缠绕成型——二. 预冷至 850 摄氏度水淬火——三. 350 摄氏度回火——空冷——四. 喷丸处理，说明工艺 1. 2. 3. 4 的目的和组织。

2 说明细晶强化的概念，机理规律，工艺方法与实际应用的实例。



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2015 年哈工大金属学与热处理初试真题（回忆版）

一. 选择

注意：15 年的选择是以往历年真题中没有出现过的。

内容包括：

1. 六方晶系的晶向指数和晶面指数；
2. 尤其注意条幅分解的概念、特征以及应用等细节（例如条幅分解的初期弥散度大）；
3. 双原子作用模型（结合能、吸引能、排斥能以及引力、斥力和合理的关系）；
4. 晶体表面能的影响因素：
 - ① 外部介质的性质：
 - ② 裸露晶面的原子密度
 - ③ 晶体表面的曲率
 - ④ 晶体的性质

二. 判断

四个题，很简单的。可以参照往年真题

三. 简答题和综合题

- ① Si、Mn、N 对钢的影响
- ② 奥氏体稳定化的概念与特点
- ③ 马氏体强化机制
- ④ 依据三元共晶合金相图分析 0 点的平衡结晶过程以及合金的成分计算
- ⑤ 共析钢的回火转变过程和三种典型回火组织及其性能特点？
- ⑥ Al-Cu 合金时效脱溶的过程，影响脱溶动力学因素和合金性能变化规律



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

- ⑦ 判断位错类型以及位错运动方向（在一个正方体晶胞内）（可参考上交版本材料基础书）
- ⑧ 热处理工艺题目：参考 2014 年的第四大题综合题（考到了喷丸处理的目的和作用）





材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

历年试题参考答案（个人整理）

2006 年初试参考答案

选择题:

1. ABE 2. ACE 3. BD 4. BE 5. D 6. A

判断题:

1. F 2. T 3. F 4. F 5. T 6. F 7. T 8. T

简答题:

1. 金属塑性变形后组织和性能变化.

答:

组织的变化:

① 显微组织变化

随着变形量的增加,晶体中各晶粒逐渐沿着变形方向拉长,变形量越大,晶粒伸长程度越显著。当变形量很大时,晶界变得模糊不清,呈现出一片纤维状区域。即这种组织为纤维组织。纤维组织的形成使得金属的性能呈现方向性,即横向的强度、塑性低于纵向的强度和塑性。

② 亚结构的细化

随着变形量的增加,亚结构细化,变形晶粒由许多细小的胞块组成,这些胞块称为形变亚晶或形变胞,同时随着变形量的增加,位错密度增大,形变亚晶的出现对位错的滑移过程起着巨大的阻碍作用,使变形抗力增加,是加工硬化的主要原因之一。

③ 变形织构:

随着变形量的增加,晶体中各晶粒的滑移面和滑移方向逐渐向外力方向转动,当变形量很大时,各晶粒的取向趋于一致,破坏了多晶体中晶粒取向的无序性,这种现象称为晶粒择优取向,这种组织称为变形织构。变形织构有两种,一是拉拔时产生的丝织构,二是轧制时产生的板织构。变形织构的存在使金属的性能产生各向异性。

④ 残余应力: 第一类内应力: 宏观内应力

第二类内应力: 微观内应力



第三类内应力：点阵畸变

性能的变化：

对金属机械性能的影响：强度、硬度显著升高，塑性韧性显著降低，即产生加工硬化。

对金属物理化学性能的影响：比电阻增加，电阻温度系数降低，磁导率、磁饱和度和下降，磁滞、矫顽力增加。抗腐蚀性能降低，金属晶格缺陷增多，扩散速度增加。

2. 马氏体高强度的原因

答：1. 固溶强化：过饱和的间隙原子碳溶入 α 相晶格，使 α 相晶格产生正方畸变，形成一个强烈的弹性应力场，该应力场会与位错发生交互作用。阻碍位错的运动，使马氏体的强度、硬度增大，从而马氏体强化。

2. 相变强化：马氏体转变过程中会使晶体内部产生大量的具有高密度晶体缺陷的亚结构，如板条马氏体的高密度位错，片状马氏体的孪晶等，这些晶体缺陷均会阻碍位错的运动，使位错运动抗力增加，从而产生马氏体强化。

3. 时效强化：马氏体形成后，由于一般钢的 M_s 点在室温以上，于是在淬火过程中、室温停留时或在外力作用下，马氏体发生自回火，即碳原子和合金元素原子向位错等晶体缺陷偏聚、扩散或弥散析出碳化物，钉扎位错使位错难以运动，使马氏体强化。

4. 晶界强化：晶界会阻碍位错的运动，故原始晶粒尺寸越细小，马氏体条束越小，晶界相对面积增加，故马氏体强度增大。

3. 什么是高温回火脆性？高温回火的机制？如何抑制和消除？

答：钢在 450°C – 650°C 回火时出现冲击韧性显著降低的脆化现象称高温回火脆性。

机制：淬火钢在 450°C – 650°C 回火时，杂质元素Sb、As、P、Sn等会向原奥氏体晶界处偏聚或析出碳化物，降低晶界的断裂强度。Cr、Mn、Ni等合金元素不但促进杂质元素向晶界偏聚而且本身也会向晶界偏聚扩散，进一步降低了晶界的断裂强度，使高温回火的脆性倾向增大。

消除和抑制：1. 重新高温回火+快冷（消除高温回火）

2. 提高钢的纯度，减少杂质元素的含量

3. 适量加入Mo、W等合金元素以抑制杂质元素的偏聚，减小高温回火脆性的倾向。

4. 对亚共析钢采用 A_1 ~ A_3 临界区亚温淬火方法，使杂质元素溶入铁素体，减少奥氏体晶界的偏聚量以抑制高温回火脆性。

5. 形变热处理



综合题

(1)画出Fe-Fe₃C 相图的示意图，分析含碳量WC=1.2%的碳钢合金平衡

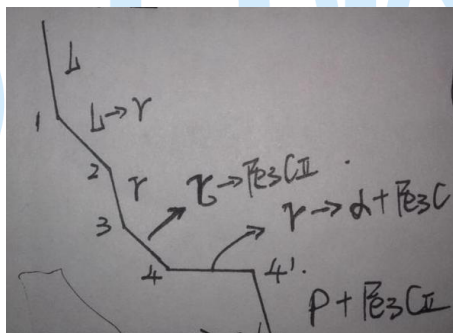
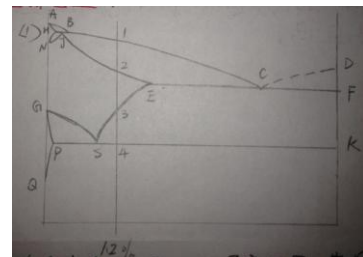
结晶过程，画出冷却

曲线，表明每一阶段该合金的显微组织示意图，并分别计算室温下该

合金的相组成物及组织组成物的相对含量。

答：

结晶过程：合金自液态冷却至1~2温度区间，液相发生匀晶反应，结晶出先共晶奥氏体，随着温度的降低，先共晶奥氏体含量增加，液相减少，先共晶奥氏体成分沿JE线变化，液相成分沿BC线变化，当合金冷却至2~3温度区间，得到单相奥氏体，当合金冷却到3~4时，从奥氏体晶界析出二次渗碳体呈网状分布，当合金冷却至4点对应的温度时，奥氏体于恒温下发生共析反应形成珠光体，此后温度的降低组织不再变化。



冷却曲线见上图（请自己添加坐标系），显微组织示意图请参考《金属学与热处理原理》第三版（蓝皮）116页

室温下该合金的相： $Fe_3C + \alpha$

$$w(Fe_3C) = \frac{1.2 - 0.0218}{6.69 - 0.0218} * 100\% = 17.7\%$$

$$w(Fe_3C) = \frac{6.69 - 1.2}{6.69 - 0.0218} * 100\% = 82.3\%$$

室温下该合金的组织： $Fe_3C_{II} + P$

$$w(Fe_3C_{II}) = \frac{1.2 - 0.77}{6.69 - 0.77} * 100\% = 7.3\%$$

$$w(P) = \frac{6.69 - 1.2}{6.69 - 0.77} * 100\% = 92.7\%$$



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

(2)甲乙两厂都生产同一种轴类零件，均选用45 钢（含有0.45%C），硬度要求220–240HB，

甲厂采用正火，乙厂采用调质处理，均能达到硬度要求，试分析甲乙两厂产品的组织和性能差别。

答：

甲厂采用正火处理，由于正火的实质是完全奥氏体化加伪共析转变。即正火后得珠光体组织（伪共析组织），珠光体呈细小层片状，尺寸比较细小，强度、塑韧性比较好。

乙厂采用调质处理，得回火索氏体组织（等轴铁素体晶粒和粗粒状渗碳体的机械混合物）

具有良好的综合机械性能。其性能优于伪共析珠光体组织。



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2007 年初试参考答案

选择题: 1. AB 2. BD 3. A 4. BC 5. A 6. A 7. AC 8. B 9. ACD 10. BD 11. AB 12. BD 13. D
14. CD 15. B 16. ABC 17. ABCD 18. ABD 19. B 20. ABCD

判断题: T F T T F

简答题:

1. 举例说明什么是合金的组元、相和组织。

答: 组成合金最基本的、独立物质称为组元; 合金中具有同样聚集状态、同样晶体结构、同样化学成分并有界面而与其他部分分开的均匀组成部分称为相; 用人眼或者借助显微镜所观察到的相的种类与分布形貌称为组织。

2. 简述纯金属与固溶体合金平衡结晶过程的异同点

答:

相同点: 1. 过冷

2. 形核条件: 能量起伏, 结构起伏

3. 形核方式: 均匀形核、非均匀形核

4. 长大方式: 垂直长大

5. 晶体结晶形态: 正温度梯度时呈平面长大, 负温度梯度时呈树枝状长大。

不同点: 1. 结晶温度: 纯金属的结晶温度是恒温, 固溶体合金的结晶存在一定温度区间

2. 形核条件: 固溶体合金在除了能量起伏和结构起伏之外, 还需要成分起伏

3. 晶体结晶形态: 固溶体合金存在成分过冷, 因此固溶体合金在正温度梯度下也可能因成分过冷而出现胞状长大或树枝状长大。

3. 简述冷变形对金属再结晶后的组织和性能的影响

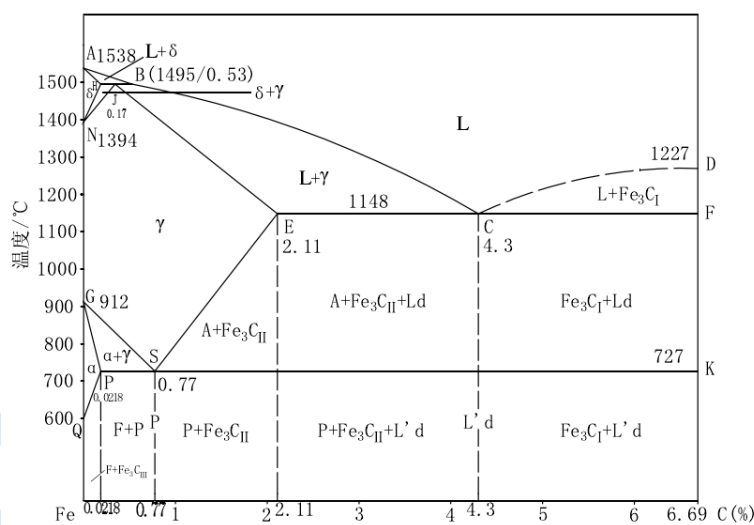
答: 当冷变形量较小时 (一般金属的 2%-10%), 再结晶晶粒特别粗大, 这样的



变形度称为临界变形度。金属再结晶后的晶粒粗大且不均匀，相应的力学性能很低。

综合题:

画出铁碳相图，并填写相区。



1. 比较一次渗碳体、二次渗碳体、三次渗碳体、共析渗碳体和共晶渗碳体的形成条件、组织形态和晶体结构的异同点。铁碳合金中二次渗碳体的最大含量为多少？

答:

名称	晶体结构	组织形态	形成条件
一次渗碳体	复杂斜方	规则、粗大的板条状	含碳量在 4.3%~6.69%的铁碳合金
二次渗碳体	复杂斜方	沿奥氏体晶界呈网状分布	含碳量在 0.77%~6.69%的铁碳合金
三次渗碳体	复杂斜方	沿铁素体晶界呈小片状分布	含碳量在 0.0218%~6.69%的铁碳合金
共析渗碳体	复杂斜方	与铁素体片呈交替层片状	含碳量在 0.0218%~6.69%的铁碳合金
共晶渗碳体	复杂斜方	在莱氏体中为连续的基体，比较粗大，有时呈鱼骨状。	含碳量在 2.11%~6.69%的铁碳合金

上述渗碳体的含碳量均为 6.69%



当铁碳合计的含碳量为 2.11% 时，二次渗碳体的含量最大：

$$w(Fe_3C_{II}) = \frac{2.11 - 0.77}{6.69 - 0.77} \times 100\% = 22.6\%$$

2. 铝的密度是 2.69g/cm³，假设其中只有肖脱基空位，求空位浓度？(阿伏加德罗常数 6.022*10²³，铝的原子量是 26.98，铝的点阵常数 0.4049nm)

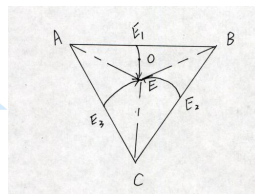
答：

$$\text{实际原子数：} n = \frac{\rho a^3 N_A}{M} = \frac{2.69 \times (0.4049 \times 10^{-7})^3 \times 6.022 \times 10^{23}}{26.98} = 3.9856$$

$$\text{空位密度：} p = \frac{4 - 3.9856}{4} \times 100\% = 0.36\%$$

3. 分析 0 点的结晶过程？求 0 点在室温下组织的组成物与百分比？

答：当合金 0 自液态冷却至液相面时，液相发生共晶反应生成 (A+B) 二元共晶组织，随着温度的降低，液相不断减少，二元共晶 (A+B) 不断增加，液相成分沿二元共晶线 E₁E 变化，当液相成分变化到 E 点时，即合金降低温度到三元共晶温度时，液相与恒温下发生四相平衡的三元共晶反应，生成 (A+B+C) 三元共晶组织，直至液相消失，此后随着温度的降低，组织不再发生变化，于室温下得到 (A+B) 二元共晶组织和 (A+B+C) 三元共晶组织即 (A+B) + (A+B+C)。



0 点在室温下组织的组成物为：(A+B) + (A+B+C)

$$w(A+B) = \frac{OE}{GE} \quad w(A+B+C) = \frac{OG}{GE} \quad (\text{G 点是直线 OE 与 AB 的交点})$$

4. 正火与淬火加热的温度范围？用 T12 号钢（含碳量 1.2%）制作锯条，写出热处理的工艺名称，冷却方法，加热温度，写出最终获得的组织及其性能特点？

答：



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

	亚共析钢	过共析钢
正火	$Ac_3 + (30-50)^\circ C$	$Accm + (30-50)^\circ C$
淬火	$Ac_3 + (30-50)^\circ C$	$Ac_1 + (30-50)^\circ C$

T12 钢属于过共析钢:

热处理工艺: 1. 淬火: 加热温度 $Ac_1 + (30-50)^\circ C$, 保温一段时间后, 水冷或者油冷。

2. 低温回火: $180^\circ C \sim 250^\circ C$ 均可, 保温一段时间后, 空冷。

最终获得的组织: 回火马氏体 (针状 α 相和弥散 ϵ -碳化物的复相组织)

性能: 高强度、高硬度、高耐磨性。



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2008 年初试参考答案

选择题:

1. ABCD 2. C(不确定) 3. BCD 4. B 5. C 6. C 7. B 8. CD 9. AB 10. ABD 11. ABC 12. A 13. B
14. ABCD 15. C 16. ABD 17. ABCD 18. CD 19. ACD 20. ABD

判断题

1. F 2. F 3. T 4. T 5. F 6. F

简答题:

1. 钢中 P、S 杂质缺陷对钢的影响

答:

硫的影响: 1. 使钢在热加工产生开裂现象即热脆。原因在于 FeS 偏析, 钢在凝固时, 由于发生离异共晶, 使 FeS 留在晶界处, 而 FeS 的熔点较低, 热加工的温度大于 FeS 的熔点, 故热加工时 FeS 在晶界呈熔融状态, 因此在拉应力的作用下容易产生开裂。

2. 含硫质量分数高的钢铸件会在铸造应力的作用下产生热裂纹, 焊接时产生的 SO_2 使焊缝产生气孔、缩松。

3. 硫还可提高钢的切削加工性能。

磷的影响: 1. 磷具有很强的固溶强化作用, 使钢的强度、硬度显著提高, 塑性韧性(尤其是低温韧性)显著降低, 即冷脆。

2. 磷具有严重的偏析倾向, 其在 α -Fe、 γ -Fe 中扩散速度很小, 难以利用热处理消除。

3. 磷溶入铁素体可降低其韧性, 可以改善钢的切削加工性能。

2. 固溶体合金和共晶合金对金属材料力学性能和工艺性能的影响

答:

力学性能: 1. 固溶体合金的强度、硬度随着溶质组元含量的增加而升高, 塑性韧性随溶质含量的增加而降低。

2. 共晶合金: 在平衡状态下, 当两相的大小和分布比较均匀时, 合金的性能大致是两相性能的算术平均值, 合金的机械性能与成分呈直线变化, 若共晶组织十分细密且在不平衡结晶条件下出现伪共晶, 那么其强度和硬度将偏离直线关系而出现峰值。



工艺性能：1. 固溶体合金的液相线和固相线间隔越大，即结晶温度范围越大，形成枝晶偏析的倾向越大，其流动性越差，易形成分散缩孔而集中缩孔少。
2. 共晶合金的流动性好且恒温下结晶凝固，熔点低，凝固后易形成集中缩孔，分散缩孔少，热裂和偏析倾向小。

3. 直径为 15mm 的 40CrNiMo 棒状毛坯，经加热转变得得到奥氏体组织，随后在空气中冷却，处理后其硬度较高，这是什么原因：采用何种的热处理工艺能提高该毛坯机械加工性能？

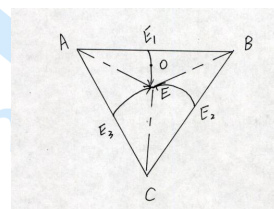
答：40CrNiMo 在奥氏体化后空冷得到的组织为马氏体，故硬度高。原因在于 Cr、Ni、Mo 等合金元素溶入奥氏体中使奥氏体的稳定性提高，奥氏体等温转变 C 曲线右移，临界冷却速度降低，故淬透性提高，于空冷下也能得到马氏体组织。采用 600℃~680℃ 软化回火以降低硬度，提高机械加工性能。

分析题

1. 图 1 为组元在固态下互不溶解的三元共晶相图的投影图。

(1) 分析 0 点成分合金的平衡结晶过程。

(2) 写出该合金在室温下组织和相的相对含量。



备注：(将 0 点改为在线段 BE 之间)

答：1. 合金 0 由高温液态冷却至液相面时，发生匀晶反应生成初晶 B，随着温度的降低，液相不断减少，初晶 B 的含量逐渐增加，由于 B 的成分固定，根据直线法则，液相成分沿 BE 线变化，当液相成分变化至 E 点时，液相于恒温下发生四相平衡的三元共晶反应，形成三元共晶 (A+B+C)，直至液相消失。此后随着温度的降低，组织不再变化，于室温下得初晶 B 和三元共晶 (A+B+C)。

2. 室温下的组织为：初晶 B+三元共晶 (A+B+C)

$$w(\text{初晶 B}) = \frac{OE}{BE} \quad w(A+B+C) = \frac{OB}{BE}$$

室温下相组成物为：A+B+C



$$w(A) = \frac{Oa}{Aa} \quad w(B) = \frac{Ob}{Bb} \quad w(C) = \frac{Oc}{Cc} \quad \begin{aligned} & (a \text{ 为直线 } AO \text{ 延长线与 } BC \text{ 的交点,} \\ & b \text{ 为直线 } BE \text{ 延长线与 } AC \text{ 的交点, } c \text{ 为直线 } CO \text{ 延长线与 } AB \text{ 的交点}) \end{aligned}$$

2. 根据 Pb-Sn 相图（金属学与热处理原理（蓝皮）79 页）

(1) 画组织转变示意图来分析说明 $W_{Sn}=40\%$ 亚共晶合金平衡结晶过程。

(2) 计算 $W_{Sn}=40\%$ 亚共晶合金 183°C 共晶转变结束后，先共晶 α 相和共晶组织时组织 ($\alpha + \beta$) 的质量百分数，以及相组成物 α 和 β 相的质量百分数。

答：

1. $W_{Sn}=40\%$ 亚共晶合金平衡结晶过程中组织转变示意图见金属学与热处理原理（蓝皮）85 页。

平衡结晶过程：合金由高温液态冷却至 1 时，开始发生匀晶反应结晶出先共晶 α 相，合金冷却至 1~2 区间，随温度的下降，初晶 α 相逐渐增多，液相不断减少，初晶 α 相成分沿 AM 变化，液相成分沿 AE 变化，当温度降至 2 时，液相成分到达 E 点，液相于恒温下发生二元共晶反应生成二元共晶 ($\alpha + \beta$)，直至液相消失，温度降低至 2 以下，从初晶 α 相中析出 β_{II} ，从 ($\alpha + \beta$) 共晶组织中分别析出 α_{II} 和 β_{II} 但难以分辨。

2. 组织组成物：($\alpha + \beta$) 和先共晶 α

$$w(\text{先共晶}\alpha) = \frac{61.9 - 40}{61.9 - 19} * 100\% = 51\% \quad w(\text{先共晶}\alpha) = \frac{40 - 19}{61.9 - 19} * 100\% = 49\%$$

相组成物： α 相 + β 相

$$w(\alpha) = \frac{97.5 - 40}{97.5 - 19} * 100\% = 73.2\% \quad w(\beta) = \frac{40 - 19}{97.5 - 19} * 100\% = 26.8\%$$

3. 试比较说明贝氏体的转变与珠光体和马氏体转变的异同点。

答：

1. 形成温度区间：珠光体： $550^\circ\text{C} \sim A_1$
贝氏体： $M_s \sim 550^\circ\text{C}$



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

马氏体: $M_f \sim M_s$

2. 原子扩散: 珠光体转变: 碳原子和铁原子均可扩散
贝氏体转变: 碳原子可短距离扩散, 铁原子不能扩散
马氏体转变: 碳原子和铁原子均不能扩散
3. 热力学条件: 系统自由能 $\Delta G < 0$ 时, 转变才可进行。
4. 动力学特点: 贝氏体与马氏体、珠光体转变均是形核长大的过程, 但是马氏体转变属于瞬间形核、瞬间长大, 没有孕育期。
5. 晶体学特点: 切变性、共格性 (奥氏体向铁素体的晶格改组是通过切变共格方式进行)、具有一定的惯习面和位向关系, 这些特点是贝氏体与马氏体都有的, 但是贝氏体转变中还存在碳的扩散, 这与珠光体转变相似。





2009 年初试参考答案

选择题:

1. BCD 2. C 3. B 4. $\begin{bmatrix} 11\bar{2}0 \end{bmatrix}$ 5. BC 6. B 7. C 8. BC

判断题: 1. T

简答题:

1. 什么是离异共晶? 产生条件?

答: 在先共晶相数量较多而共晶组织甚少的情况下, 共晶组织中与先共晶相相同的那个相会依附在先共晶相上生长, 剩下的另一个相则单独存在于晶界处, 使共晶组织特征消失, 这种两相分离的共晶称为离异共晶。

当合金成分偏离共晶点很远的亚共晶合金或过共晶合金在平衡结晶条件下可得到离异共晶组织, 当合金成分位于亚共晶合金 M 点 (共晶线一侧端点) 左边时, 于不平衡结晶下也可得到离异共晶。

2. 试比较索氏体、屈氏体、马氏体和回火索氏体、回火屈氏体、回火马氏体形成条件, 组织形态与性能的差别?

答:

	形成条件	组织形态	性能
索氏体	过冷奥氏体在 650 °C ~ 600 °C 范围内形成	较细的铁素体与渗碳体片层相间的机械混合物, 间距为 150nm ~ 80nm	具有良好的强度、塑韧性。随着片层间距的减小, 强度硬度升高, 塑性韧性提高。
屈氏体	过冷奥氏体在 600 °C ~ 550 °C 范围内形成	极细的铁素体与渗碳体片层相间的机械混合物。片层间距 80nm ~ 30nm	
马氏体	过冷奥氏体以大于临界冷却速度快速冷却至 Ms ~ Mf 范围内形成	板条马氏体: 由许多相互平行的板条束组成。 片状马氏体: 呈凸透镜状或针状、竹	高硬度、高强度、高耐磨性, 但板条马氏体相对于片状马氏体具有良好的塑韧性。



		叶状	
回火马氏体	淬火钢在 150℃~250℃ 内低温回火后形成	针状 α 相和弥散析出的 ϵ -碳化物组成的机械混合物	高强度、高硬度、高耐磨性、塑韧性改善
回火屈氏体	淬火钢在 350℃~500℃ 内中温回火后形成	针状 α 相和无共格联系的细粒状或片状渗碳体组成的机械混合物	高弹性极限，强度、硬度较高，塑性、韧性较好
回火索氏体	淬火钢在 500℃~650℃ 内高温回火后形成	多边形铁素体和粗粒状渗碳体组成的机械混合物	具有良好的综合机械性能

3. 试分析塑性变形金属的性能与组织的变化？

答：

组织的变化：

① 显微组织变化

随着变形量的增加，晶体中各晶粒逐渐沿着变形方向拉长，变形量越大，晶粒伸长程度越显著。当变形量很大时，晶界变得模糊不清，呈现出一片纤维状区域。即这种组织为纤维组织。纤维组织的形成使得金属的性能呈现方向性，即横向的强度、塑性低于纵向的强度和塑性。

② 亚结构的细化

随着变形量的增加，亚结构细化，变形晶粒由许多细小的胞块组成，这些胞块称为形变亚晶或形变胞，同时随着变形量的增加，位错密度增大，形变亚晶的出现对位错的滑移过程起着巨大的阻碍作用，使变形抗力增加，是加工硬化的主要原因之一。

③ 变形织构：

随着变形量的增加，晶体中各晶粒的滑移面和滑移方向逐渐向外力方向转动，当变形量很大时，各晶粒的取向趋于一致，破坏了多晶体中晶粒取向的无序性，这种现象称为晶粒择优取向，这种组织称为变形织构。变形织构有两种，一是拉拔时产生的丝织构，二是轧制时产生的板织构。变形织构的存在使金属的性能产生各向异性。

④ 残余应力：第一类内应力：宏观内应力



第二类内应力：微观内应力

第三类内应力：点阵畸变

性能的变化：

对金属机械性能的影响：强度、硬度显著升高，塑性韧性显著降低，即产生加工硬化。

对金属物理化学性能的影响：比电阻增加，电阻温度系数降低，磁导率、磁饱和度和下降，磁滞、矫顽力增加。抗腐蚀性能降低，金属晶格缺陷增多，扩散速度增加。

4. 简述淬火钢回火过程

答：

1. 马氏体中碳的偏聚：在 $20^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 温度范围内回火时，铁和合金元素原子难以扩散，而马氏体中过饱和的 C、N 原子会向晶体缺陷（如位错）偏聚扩散，形成 C、N 偏聚区，降低马氏体能量。
2. 马氏体分解：回火温度高于 80°C 时，马氏体将发生分解，随着回火温度的升高，马氏体中碳原子浓度逐渐降低，马氏体的正方度 c/a 减小，晶格常数 c 减少，马氏体分解形成针状 α 相和弥散的 ϵ -碳化物组成的机械混合物，即回火马氏体。
3. 残余奥氏体转变：含碳量大于 0.4% 的淬火钢在 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 回火时，发生残余奥氏体转变，形成回火马氏体或下贝氏体。
4. 碳化物转变：回火温度在 $250^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，含碳量大于 0.4% 的马氏体中， ϵ -碳化物溶解，通过离位析出形成 x -碳化物，随着回火温度升高，一部分 x -碳化物溶解，通过离位析出形成 θ -碳化物，另一部分 x -碳化物则直接转变成 θ -碳化物；当含碳量小于 0.4% 时不析出 x -碳化物；含碳量小于 0.2% 时直接转变成 θ -碳化物。
5. 渗碳体聚集长大和 α 相回复、再结晶：当回火温度高于 400°C 时，析出的渗碳体逐渐聚集和球化形成细粒状渗碳体，回火温度高于 600°C 时，细粒状渗碳体逐渐粗化长大。由于淬火马氏体晶粒为非等轴晶粒且位错密度高，与冷变形金属相似，因此回火过程中也会发生回复和再结晶，当回火温度高于 400°C 时， α 相发生回复过程，点缺陷浓度降低，第一类内应力基本消除。当回火温度高于 600°C 时， α 相发生再结晶过程，低位错密度的等轴晶粒取代高位错密度的纤维状变形晶粒。



综合题

1. 根据铁碳相图(1)画出含碳量 3.0%的亚共晶白口铁的结晶过程组织示意图, 分析结晶过程; (2). 计算其室温的相组成和组织组成物?

答:、

1. 组织示意图和分析结晶过程详见《金属学与热处理原理》(蓝皮) 117~118 页
2. 室温下相组成物: α 相和 Fe_3C 相

$$w(\alpha) = \frac{6.69 - 3.0}{6.69 - 0.0218} * 100\% = 55.3\% \quad w(Fe_3C) = \frac{3.0 - 0.0218}{6.69 - 0.0218} * 100\% = 44.7\%$$

室温下组织组成物: 珠光体 P + 低温莱氏体 Ld' + Fe_3C_{II}

$$w(P) = \frac{4.3 - 3.0}{4.3 - 2.11} * \frac{6.69 - 2.11}{6.69 - 0.77} * 100\% = 46\% \quad w(Ld') = \frac{3.0 - 2.11}{4.3 - 2.11} * 100\% = 40.6\%$$

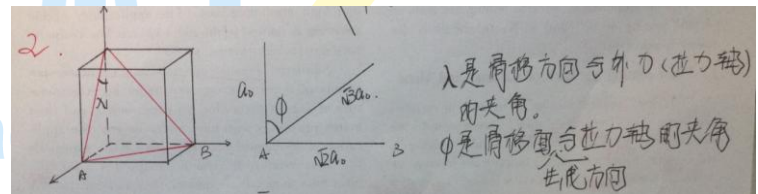
$$w(Fe_3C_{II}) = \frac{4.3 - 3.0}{4.3 - 2.11} * \frac{2.11 - 0.77}{6.69 - 0.77} * 100\% = 13.4\%$$

2. 单晶体铜受力, 力轴[001]. 临界分切应力为 0.62Mpa, 问铜单晶可以产生塑变的最小拉力?

答:

由图可知: $\lambda = 45^\circ$, $\cos \lambda = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$\cos \phi = \frac{1}{\sqrt{3}}$$



$$\text{则: } \tau_k = \sigma_s * \cos \lambda * \cos \phi \quad \therefore \sigma_s = \frac{\tau_k}{\cos \lambda \cos \phi} = 0.62 * \sqrt{6} = 1.52 MPa$$

3. 需要一弹簧, 要求屈服强度大于 1000MPa; 抗拉强度大于 1200Mpa; 延伸率大于 0.05%

1. 选择材料(HT200, 45, 40cr, T10, 60si2Mn, 2cr13, 20crMnTi)
2. 选择最终热处理工艺?
3. 写出最终组织?

答: 选用 60Si2Mn 钢 (弹簧钢)



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

最终热处理工艺：淬火+中温回火

最终组织：回火屈氏体（针状 α 相和与其无共格联系的细粒状或片状渗碳体组成的机械混合物）



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2010 年初试参考答案

选择

1. ABCD 2. C 3. BCD 4. A 5. CD 6. B 7. $\begin{bmatrix} 10\bar{1}0 \end{bmatrix}$ 8. $\begin{bmatrix} 10\bar{1} \end{bmatrix}$ 或 $\begin{bmatrix} \bar{1}01 \end{bmatrix}$ 9. B 10. BC 11. AC
12. BD 13. ABCD 14. AD 15. B 16. ACD 17. BCD(或者 ABCD) 18. B 19. AD 20. C

判断

1. F 2. T 3. T 4. F 5. F 6. F

简答:

1. 什么是置换固溶体? 影响因素是什么?

答: 置换固溶体是指溶质原子占据溶剂晶格中的某些正常结点位置所形成的固溶体。

影响因素: 1. 原子半径: Δr 越小, 组元间的原子半径越相近, 则固溶体的固溶度越大。

2. 电负性: 组元间电负性之差越小, 固溶体的固溶度越大。

3. 电子浓度: 组元中溶质元素原子价越大, 固溶度越小。

4. 晶体结构: 溶质与溶剂的晶格结构类型是否相同是能否形成无限固溶体的必要条件, 晶格结构类型越相似, 固溶度越大。

2. 纯金属与固溶体结晶的异同点?

答:

相同点: 1. 均需要一定的过冷度

2. 形核条件: 能量起伏和结构起伏

3. 形核方式: 均匀形核、非均匀形核

4. 长大方式: 垂直长大

5. 晶体结晶形态: 正温度梯度时呈平面长大, 负温度梯度时呈树枝状长大。

不同点: 1. 结晶温度: 纯金属的结晶温度是恒温, 固溶体合金的结晶存在一定温度

区间

2. 形核条件: 固溶体合金在除了能量起伏和结构起伏之外, 还需要成分起伏



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

3. 晶体结晶形态：固溶体合金存在成分过冷，因此固溶体合金在正温度梯度下也可能因成分过冷而出现胞状长大或树枝状长大。

3. 什么是冷脆和热脆？产生原因及防治措施？

答：

① 热脆：钢在热加工时产生开裂的现象称为热脆。

产生原因：Fe+FeS 产生离异共晶，使 FeS 留在晶界处，而热加工温度高于 FeS 的熔点，使其呈熔融状态，从而在应力的作用下易引起开裂（FeS 的偏析）

防止措施：均匀化退火以消除离异共晶，加入适量的 Mn

② 冷脆：由于磷的固溶强化作用，使钢的强度、硬度升高，塑性韧性（尤其是低温韧性）显著降低的现象称为冷脆。

产生原因：磷的固溶强化作用

防止措施：提高钢的纯度，加入适量的元素除磷。

4. 马氏体转变过程的特点？马氏体高强高硬原因？

答：

热力学特点：系统自由能 $\Delta G < 0$ 才可发生转变，即过冷至 M_s 点以下才会发生马氏体转变，

冷却速度大于临界冷却速度。

动力学特点：1. 降温冷却：瞬间形核、瞬间长大。

2. 等温冷却：马氏体转变过程中会导致奥氏体稳定化而发生马氏体转变不完全

晶体学特点：1. 切变性 2. 共格性 3. 具有一定的惯习面和位向关系，具有表面浮凸现象。

4. 无扩散性

高强度高硬度的原因：

1. 固溶强化：过饱和的间隙原子碳溶入 α 相晶格，使 α 相晶格产生正方畸变，形成一个强烈的弹性应力场，该应力场会与位错发生交互作用。阻碍位错的运动，使马氏体的强度、硬度增大，从而马氏体强化。

2. 相变强化：马氏体转变过程中会使晶体内部产生大量的具有高密度晶体缺陷的亚结构，如板条马氏体的高密度位错，片状马氏体的孪晶等，这些晶体缺陷均会阻碍位错的运动，使位错运动抗力增加，从而产生马氏体强化。



3. 时效强化: 马氏体形成后, 由于一般钢的 M_s 点在室温以上, 于是在淬火过程中、室温停留时或在外力作用下, 马氏体发生自回火, 即碳原子和合金元素原子向位错等晶体缺陷偏聚、扩散或弥散析出碳化物, 钉扎位错使位错难以运动, 使马氏体强化。

4. 晶界强化: 晶界会阻碍位错的运动, 故原始晶粒尺寸越细小, 马氏体条束越小, 晶界相对面积增加, 故马氏体强度增大。

综合:

一. 晶粒度对金属性能影响? 总结学过的细化晶粒的方法?

答: 晶粒度越大, 即晶粒越细小, 金属的强度硬度提高, 塑性韧性改善并提高, 金属的综合

机械性能提高。

细化晶粒的方法:

1. 铸造: ①控制过冷度: 提高过冷度, 细化晶粒。

②变质处理: 加入形核剂, 促进非均匀形核。

③搅拌振动、超声波处理

2. 冷塑性变形: 通过冷变形后再结晶细化晶粒。

①控制变形量: 避免在临界变形度范围加工。

②控制退火温度: $T_{\text{再结晶}} + 30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$

3. 热加工: ①控制变形程度

②控制热加工温度

③控制终锻(轧)温度及锻(轧)后冷却速度

4. 热处理: 一般正火、完全退火均可以细化晶粒, 主要是控制奥氏体化过程, 即

控制奥氏体晶粒度: ①控制加热温度

②控制保温时间

③控制加热速度



④控制含碳质量分数

⑤合金元素的影响

采用高温快速加热、短时保温以获得细小晶粒，还可以加入适量的抑制奥氏体长大的合金元素。

5. 第二相弥散分布：加入适量的合金元素（合金化）

6. 包晶转变以细化晶粒

二. 从产生条件、性能特点、组织形态区别索氏体和回火索氏体？

答：

组织	产生条件	组织形态	性能特点
索氏体	过冷奥氏体在 650℃ ~600℃ 范围内形成	为较细的层片状组织，片层间距在 150nm~80nm（铁素体与渗碳体层片相间的机械混合物）	片层间距越小，其强度硬度越高，塑性韧性越好。
回火索氏体	淬火钢经淬火加高温回火（500℃~650℃）后获得。	多边形形状的 α -Fe 和粗粒状的渗碳体组成的机械混合物	具有良好的综合机械性能



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2011 年初试参考答案

选择:

1. ABC 2. B 3. BC 4. AD 5. A 6. BCD 7. B 8. AB 9. AC
10. 可热处理的铝合金, 通常的热处理工艺为: 固溶+时效
11. 影响非均匀形核率的主要因素: 过冷度; 固体杂质结构; 固体杂质形貌; 过热度; 其他
(如搅拌振动)
12. 下贝氏体是含碳过饱和的片状铁素体加其内部弥散分布的碳化物组成的机械混合物(复相组织), 呈针片状。
上贝氏体是条状的含碳过饱和的铁素体与其间断续分布的渗碳体条组成的机械混合物, 呈羽毛状。
13. 二次再结晶发生于再结晶晶粒处于高温加热、长时间保温状态下的异常长大, 是由于分布在晶界上的杂质在高温下溶入 α 基体, 从而晶粒长大失去了约束而造成异常长大。
14. 金属一般表现出各向同性, 因为实际金属是多晶体。
15. 合金元素溶入铁素体, 引起铁素体固溶强化, 强度硬度升高, 塑性韧性下降。
16. 复相合金中, 硬脆相弥散均匀分布在基体上对强韧性有利。
17. 略
18. 具有粗糙界面的固溶体合金在正温度梯度下有可能呈树枝状、胞状生长(存在成分过冷), 当不存在成分过冷时则呈平面长大。
19. 拉伸单晶体时, 滑移面转向 45° 时最易发生滑移。 $\sigma_s = \frac{\tau_k}{\cos \varphi \cos \lambda}$
20. 伪共晶区处于两液相线的延长线所围成的区域。

判断: 略

简答题

1、以共析钢为例说明奥氏体的形成过程及影响奥氏体晶粒长大的因素。

答: 共析钢由珠光体转变成奥氏体包括: 奥氏体形核、奥氏体长大、剩余碳化物溶解、奥氏体均匀化。



①奥氏体形核：奥氏体晶核通常在铁素体与渗碳体的相界上优先形核，这是因为相界面上碳浓度分布不均匀、位错密度高、能量较高、原子排列不规则，满足晶核形成所需的结构起伏、能量起伏、成分起伏。

②奥氏体长大：奥氏体形核后，一面与铁素体接触，一面与渗碳体接触，由于 $C_{\gamma/c} > C_{\gamma/\alpha}$ ，在奥氏体内形成浓度差，引起碳在奥氏体由高浓度的 γ/c 界面向低浓度的 γ/α 界面扩散，使 $C_{\gamma/c}$ 降低， $C_{\gamma/\alpha}$ 升高，从而破坏了原有的碳浓度平衡，为了恢复原有的平衡，则 γ/c 界面处的渗碳体溶入奥氏体，使 $C_{\gamma/c}$ 升高，而 γ/α 界面处的铁素体转化为奥氏体，使 $C_{\gamma/\alpha}$ 降低，从而恢复界面平衡，这样，奥氏体便分别向铁素体和渗碳体长大，由于奥氏体内由于碳的扩散，不断打破相界面平衡，为了恢复平衡，奥氏体不断向铁素体和渗碳体长大。同时在铁素体内也存在碳浓度差，使碳在铁素体内发生扩散，扩散结果也会促进奥氏体长大。

③剩余碳化物溶解：由于铁素体转变成奥氏体的速度远大于渗碳体溶解的速度，因此铁素体首先消失，铁素体消失后，随加热温度的升高和保温时间的延长，剩余在奥氏体中的渗碳体不断通过碳原子扩散溶入奥氏体，直至渗碳体全部溶入奥氏体。

④奥氏体均匀化：当渗碳体完全溶入奥氏体时，奥氏体内碳浓度分布不均匀，原来是渗碳体的区域所含碳浓度高，原来是铁素体的区域含碳浓度低，继续延长保温时间或者继续升高温度，通过碳原子扩散，奥氏体碳浓度趋于均匀化。

影响奥氏体晶粒长大的因素：

①加热温度和保温时间：奥氏体形成后，随加热温度的升高，奥氏体晶粒长大，一定温度下，保温时间延长，奥氏体晶粒长大，当奥氏体晶粒长大至一定尺寸时，随保温时间的延长，奥氏体晶粒不再长大。

②加热速度的影响：加热速度越快，过热度越高，奥氏体实际形成温度越高，奥氏体形核率越高，奥氏体晶粒越细小。

③质量分数：（1）含碳量：在一定范围内的含碳质量分数，随着含碳量的增加，奥氏体晶粒

长大倾向增加，当含碳量超过一定范围，随含碳量增加，奥氏体晶粒反而越细小。

（2）合金元素：钢中加入适量的难熔化合物合金元素如 Ti、V、Al 等强烈阻碍奥氏体晶粒长大，使奥氏体晶粒细化，不形成化合物的合金元素如



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

Si、Cu、Ni 等对奥氏体晶粒无明显作用，而 Mn、P、N 等元素溶入奥氏体则促进奥氏体长大。

2、晶界和相界有何区别？怎样对它们进行分类？

答：晶界：晶体结构相同但位向不同的晶粒之间的界面。

相界：晶体结构不同的两相分界面。

晶界有大角度晶界(晶粒位向差大于 10°)和小角度晶界(晶粒位向差小于 10°)

小角度晶界又包含：对称倾侧晶界（由刃型位错组成）

扭转晶界（由螺型位错组成）

亚晶界

相界按照结构分为共格相界、半共格相界、非共格相界。

3、什么是钢的回火脆性？产生的原因是什么？如何抑制和消除？

答：钢在回火过程中，随回火温度的升高，钢的韧性逐渐增加，但加热到某一温度区间会发生冲击韧性显著降低的现象，即回火脆性。其中处于 $250^\circ\text{C}\sim 400^\circ\text{C}$ 发生的回火脆性称为第一类回火脆性，也叫不可逆回火脆性、低温回火脆性。处于 $450^\circ\text{C}\sim 650^\circ\text{C}$ 发生的回火脆性称为第二类回火脆性，也叫可逆回火脆性、高温回火脆性。

第一类回火脆性的产生原因：在 $250^\circ\text{C}\sim 400^\circ\text{C}$ 回火，马氏体分解会沿板条边或片边缘析出断续的薄壳状碳化物，降低了晶界的断裂强度。第一类回火脆性一旦发生便不可消除，可通过避免在第一类回火脆性温度区间内回火来防止第一类回火脆性。另外适量加入 Si、Mn 等合金元素可使脆化温度向高温推移。

第二类回火脆性的产生原因：在 $450^\circ\text{C}\sim 650^\circ\text{C}$ 回火过程中，Sb、P、As 等杂质元素向晶界扩散偏聚或析出碳化物，降低晶界断裂强度，另外 Cr、Mn、Ni 等合金元素不但会促进杂质元素向晶界扩散偏聚，而且其本身也会向晶界扩散偏聚，使晶界断裂强度降低。

第二类回火脆性可通过高温回火加快速冷却来消除，抑制第二类回火脆性的措施有：

1. 加入 Mo、W、V 等合金元素以抑制杂质元素向晶界偏聚。2. 提高钢的纯度 3. 对亚共析钢采用 $A_1\sim A_3$ 区间加热亚温淬火的方法。

4、以 Al-Cu 合金为例，说明过饱和固溶体合金时效脱溶过程及其力学性能的变化规律。

答：

脱溶过程：①形成 G. P. I 区：通过 Cu 原子扩散，首先形成薄片状 Cu 原子富聚区，即 G. P. I



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

区，富 Cu 薄片平行母相 (100) 晶面，并与母相保持共格界面。

②形成 G. P. II 区: G. P. I 区形成后, 随时效温度升高或保温时间延长, 在 G. P. I

区基础上 Cu 原子进一步富聚, G. P. I 区进一步长大, 此时 Cu、Al 原子发生有序化转变, 形成 G. P. II 区, 也称 θ'' 相, θ'' 相与母相保持共格关系。

③形成 θ' 过渡相: 随着时效过程的发展, 片状 θ'' 相周围与基体部分失去共格关系转变为 θ' 相, θ' 相与母相保持半共格关系。

④形成 θ 平衡相: 随着 θ' 相的生长, θ' 相周围基体的应力、应变增加, 弹性应变能增加, 因此 θ' 相越来越不稳定, 当 θ' 相长大至一定尺寸时, 共格关系破坏, θ' 相与基体完全脱离而形成平衡相, 即 θ 相, θ 相具有正方晶格, 呈块状, 与母相为非共格关系。

力学性能变化: G. P. I 区的形成使合金的硬度开始升高, θ'' 相的形成使合金的硬度进一步

增大, 当刚开始形成 θ' 相时, 合金的硬度达到最大值, 此后随着 θ' 相的形成、长大, 合金的硬度开始下降, θ 相的形成、聚集和长大导致合金硬度进一步下降, 称为过时效。

四. 综合题

1. (1) 画出 Fe-Fe₃C 相图示意图

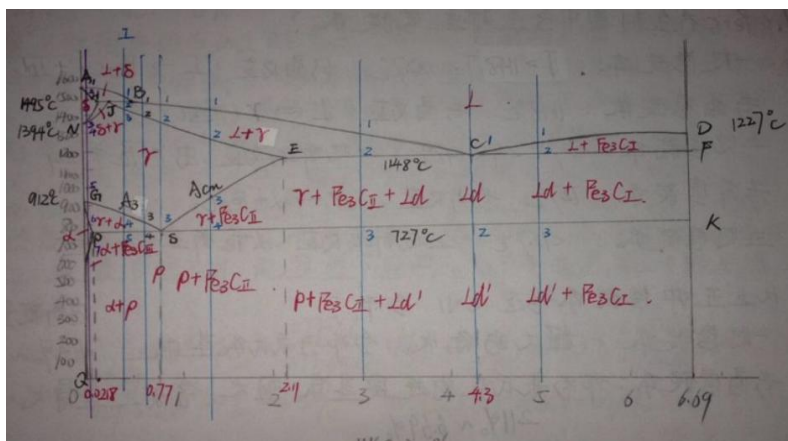
(2) 分析含碳量为 $W_c=5\%$ 的过共析白口铸铁平衡结晶过程, 画出冷却曲线, 标明每一阶段该合金的显微组织示意图



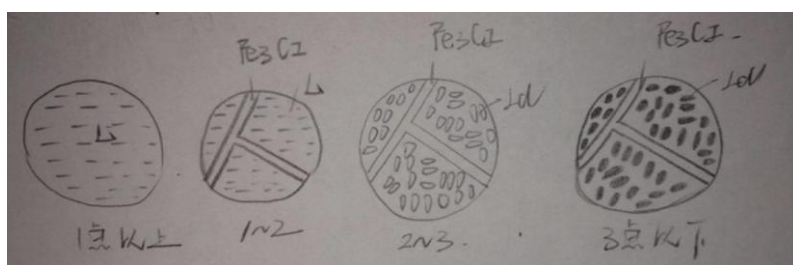
(3) 分别计算室温下，该合金中一次渗碳体、共晶渗碳体、二次渗碳体的相对含量

答：

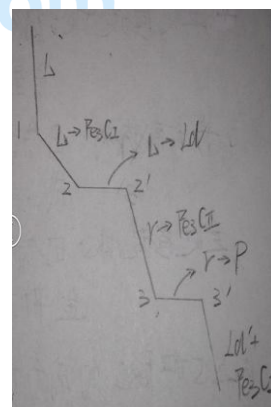
(1) 铁碳相图：



(2) 平衡结晶过程：液相冷却到 1~2 温度区间，发生匀晶转变结晶出粗大的条状先共晶渗碳体，即一次渗碳体 Fe_3C_I ，液相成分沿 CD 线变化，当温度降到 2 时，即 1148°C，在恒温下，液相成分到达 C 点， $w(C) = 4.3\%$ ，发生共晶反应生成高温莱氏体 Ld，当温度降低至 2~3 区间时，从共晶奥氏体析出二次渗碳体 Fe_3C_{II} ，由于 Fe_3C_{II} 依附在先共晶渗碳体和共晶渗碳体上，因此难以分辨，奥氏体成分沿 ES 线变化，当温度降低至 3 点时，即 727°C，奥氏体成分 $w(C) = 0.77\%$ ，于恒温下发生共析反应生成珠光体 P，于是室温下的组织为粗大的板条状 Fe_3C_I 和低温莱氏体 Ld'。



组织示意图



冷却曲线

$$(3) w(Fe_3C_I) = \frac{5 - 4.3}{6.69 - 4.3} * 100\% = 29.3\%$$

$$w(\text{共晶 } Fe_3C) = \frac{6.69 - 5}{6.69 - 4.3} * \frac{4.3 - 2.11}{6.69 - 2.11} * 100\% = 33.8\%$$

$$w(Fe_3C_{II}) = \frac{6.69 - 5}{6.69 - 4.3} * \frac{6.69 - 4.3}{6.69 - 2.11} * \frac{2.11 - 0.77}{6.69 - 0.77} * 100\% = 8.3\%$$



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2. 图 1 为组元在固态下互不溶解的三元共晶合金相图的投影图。

(1) 画出 I — I 位置的垂直截面图，并填写相区

(2) 分析 0 点成分合金的平衡结晶过程，画出冷却曲线和室温下的组织示意图。

(3) 写出该合金在室温组织下组织组成物的相对含量表达式

答：

面对这个题目，编者感觉有点棘手，原因就是在这个 0 点不确定，光垂直截面图一共就有七种，而且对应不同的 0 点有不同的平衡结晶过程，不同的冷却曲线和室温组织，当然室温组织下组织组成物不同，含量也不同。

建议学弟学妹们好好复习第五章（三元合金相图），把不同情况下的垂直截面图、等温截面图、平衡结晶过程、冷却曲线、室温下的组织及示意图、室温下相的成分和组织组成物的含量计算掌握透彻，这样才能轻松应对这种类型的题目。

针对本题目可以具体参考《金属学与热处理原理》（蓝皮）143~144 页





材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2012 年初试参考答案

选择:

1. ABCD 2. D 3. ABD 4. ABCD 5. ABCD 6. C 7. C 8. ABC 9. CD 10. ABCD

判断: 1. F 2. F 3. T 4. F

简答与计算题

1. 体心立方晶格常数为 a , 试计算体心立方晶格滑移系中滑移面的原子密度和滑移方向上的线密度。(结果保留两位有效数字)

答: 体心立方的滑移面是最密排面 $[110]$, 滑移方向是 $\langle 111 \rangle$

$$\rho_{[110]} = \frac{4 \times \frac{1}{4} + 1}{\sqrt{2}a^2} = \frac{1.4}{a^2} \quad \rho_{\langle 111 \rangle} = \frac{2 \times \frac{1}{2} + 1}{\sqrt{3}a} = \frac{1.16}{a}$$

2. 比较高碳钢马氏体和下贝氏体的不同点。

答: 1. 显微组织不同: 下贝氏体呈针叶状, 高碳钢马氏体呈片状。
2. 亚结构不同: 下贝氏体的亚结构为位错, 高碳钢马氏体的亚结构为孪晶。
3. 性能不同: 下贝氏体具有良好的综合机械性能; 高碳钢马氏体具有高强度高硬度, 但塑性韧性差。
4. 相变特点不同: 下贝氏体是半扩散型相变, 高碳钢马氏体是非扩散型相变。
5. 下贝氏体是含碳过饱和的铁素体片和其内部均匀弥散析出的碳化物组成的复相组织
而高碳马氏体是单相组织。

3. 简述铸锭三晶区的形成过程。

答:

①表层细晶区: 当高温液体倒入铸模后, 结晶先从模壁开始, 靠近模壁一层的液体产生极大的过冷, 加上模壁可以作为非均质形核的基底, 因此在此薄层中立即形成大量的晶核, 并同时向各个方向生长, 形成表面细晶区。



②柱状晶区：在表面细晶区形成的同时，铸模温度迅速升高，液态金属冷却速度减慢，结晶前沿过冷都很小，不能生成新的晶核。垂直模壁方向散热最快，因而晶体沿相反方向生长成柱状晶。

③中心等轴晶区：随着柱状晶的生长，中心部位的液体实际温度分布区域平缓，由于溶质原子的重新分配，在固液界面前沿出现成分过冷，成分过冷区的扩大，促使新的晶核形成长大形成等轴晶。由于液体的流动使表面层细晶一部分卷入液体之中或柱状晶的枝晶被冲刷脱落而进入前沿的液体中作为非自发生核的籽晶。

4. (1) 分析含碳 4.3% 的铁碳合金的平衡结晶过程，并画出组织示意图；

(2) 分别计算莱氏体中共晶渗碳体，二次渗碳体，共析渗碳体的含量。(结果保留两位有效数字)

答：(1) 当合金自高温液相冷却至 t_1 时，即共晶温度，于是液相于恒温下发生共晶反应形成高温莱氏体 L_d ，当合金降至 $t_1 \sim t_2$ 温度区间时，得高温莱氏体组织，当合金降至 t_3 时，莱氏体中的奥氏体于恒温下发生共析反应，生成珠光体，最后得到低温莱氏体 L_d' ，温度降至 t_3 以下，组织不再变化，至室温得到低温莱氏体 L_d' 。



(2)

$$w(\text{共晶 } Fe_3C) = \frac{4.3 - 2.11}{6.69 - 2.11} * 100\% = 47.82\%$$

$$w(Fe_3C_{II}) = \frac{6.69 - 4.3}{6.69 - 2.11} * \frac{2.11 - 0.77}{6.69 - 0.77} * 100\% = 11.81\%$$

$$w(\text{共析 } Fe_3C) = \frac{6.69 - 4.3}{6.69 - 2.11} * \frac{6.69 - 2.11}{6.69 - 0.77} * \frac{0.77 - 0.0218}{6.69 - 0.0218} * 100\% = 4.53\%$$



5. 何为临界变形度？其在工业生产中有何意义？

答：当金属的变形量处于某一数值范围内（一般金属的 2%-10%），其再结晶晶粒十分粗大，这个变形量称为临界变形度。金属再结晶后的晶粒粗大且不均匀，相应的力学性能很低。在工业生产中应避免在临界变形度范围内变形加工，以免产生粗大的再结晶晶粒。

6. 金属材料的锻造或热轧制的温度如何选择？锻造或热轧制的作用是什么？

答：终锻（轧）温度高于再结晶温度过多且锻（轧）后冷却速度过慢，则造成晶粒粗大，若终锻（轧）温度过低，则造成加工硬化和残余应力，因此应该选择获得细小均匀晶粒的热加工温度。

奥氏体稳定存在于高温区，温度升高，材料的强度、硬度下降，塑性韧性升高，有利于变形；奥氏体为面心结构，塑性比其它结构好，塑性好，有利于变形；奥氏体为单相组织，单相组织的强度低，塑性韧性好，有利于变形；变形为材料的硬化过程，变形金属高温下发生回复与再结晶，消除加工硬化，即为动态回复再结晶，适合大变形量的变形。故把锻造或热轧制的温度选择在高温的奥氏体区。

锻造或轧制的作用是：把材料加工成形，通过锻造或轧制使铸锭中的组织缺陷得到明显的改善，如气泡焊合，缩松压实，使金属材料的致密度增加；粗大的柱状晶变细；合金钢中大块状碳化物初晶打碎并较均匀分布；使成分均匀，使材料的性能得到明显的改善。

综合题

1. 用含碳 1.2% 过共析钢 (其 $A_{cm} = 850^{\circ}\text{C}$) 制作一个切削工具，其加工工艺过程为：锻造后缓冷→正火→球化退火→机加工成形→淬火→低温回火。(1) 各热处理的目的是什么？得到什么组织？(2) 写出各热处理工艺的加热温度和冷却方式。

答：



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

(1) 正火: 消除网状的二次渗碳体, 改善锻造组织, 细化晶粒, 消除锻造应力, 得到片状

珠光体类型组织。

球化退火: 将片状珠光体转变成粒状珠光体, 降低硬度, 改善切削加工性能。

淬火: 提高强度、硬度、耐磨性, 得到隐晶马氏体+细粒状渗碳体+少量残余奥氏体。

低温回火: 减少或消除淬火应力, 保持高强度高硬度和高耐磨性的条件下, 提高塑性和韧性; 组织为回火马氏体。

(2) 正火: 加热温度 880°C , 保温一段时间, 空冷。

球化退火: $A_{c1}+20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$, 保温一段时间, 随炉冷却。

淬火: $A_{c1}+30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$, 保温一段时间, 油冷或者水冷。

低温回火: $150^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ 内, 保温一段时间, 空冷。

2. 说明形变强化的概念, 强化的机理, 强化的规律, 强化的方法以及形变强化在生产中的实际意义。

答: ①概念: 随变形量的增加, 金属的强度、硬度显著增加, 塑性、韧性显著降低的现象称为形变强化。

②机理: 随冷塑性变形程度的进行, 金属的位错密度增大, 位错运动时相互交割作用加剧, 形成位错塞积群、缠结网、割阶等障碍, 阻碍位错的进一步运动, 使变形抗力增大, 从而产生强化。

③规律: 随变形量的增加, 其强度、硬度升高, 塑性韧性降低, 位错密度增大。

④方法: 冷变形 (如挤压、拉拔、冷轧、喷丸等)

⑤实际生产中的意义: 形变强化可提高金属材料的强度; 对一些不能通过热处理强化的材料的强化提供了有效方法; 使工件或者半成品冷变形成型成为可能; 提高结构件服役的安全性。



2013 年初试参考答案

选择

1. 体心立方的最密排方向的线密度和最密排面的面密度:

$$\rho_{\text{线}} = \rho_{\langle 111 \rangle} = \frac{2}{\sqrt{3}a} = \frac{2\sqrt{3}}{3a} \quad \rho_{\text{面}} = \rho_{(110)} = \frac{2}{\sqrt{2}a^2} = \frac{1.4}{a^2}$$

面心立方的最密排方向的线密度和最密排面的面密度:

$$\rho_{\text{线}} = \rho_{\langle 110 \rangle} = \frac{2}{\sqrt{2}a} = \frac{\sqrt{2}}{a} \quad \rho_{\text{面}} = \rho_{(111)} = \frac{3 \times \frac{1}{2} + 3 \times \frac{1}{6}}{\frac{1}{2} \times \sqrt{2}a \times \frac{\sqrt{6}}{2}a} = \frac{4}{\sqrt{3}a^2}$$

2. 883℃: bcc 转变成 hcp, 原子半径增加 2%

设 bcc 的原子半径为 r , 那么 hcp 的原子半径为 $1.02r$

bcc 晶格常数 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$, hcp 的晶格常数 $a' = 2.04r$

$$\Delta V = \frac{\frac{1}{6} \times \frac{3\sqrt{3}}{2} \times \sqrt{\frac{8}{3}} \times (2.04r)^3 - \left(\frac{4}{\sqrt{3}}r\right)^3 \times \frac{1}{2}}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}}r\right)^3 \times \frac{1}{2}} \times 100\% = -2.4\%$$

3. (101) 转变成四轴坐标为 $\left(2\bar{1}13\right)$

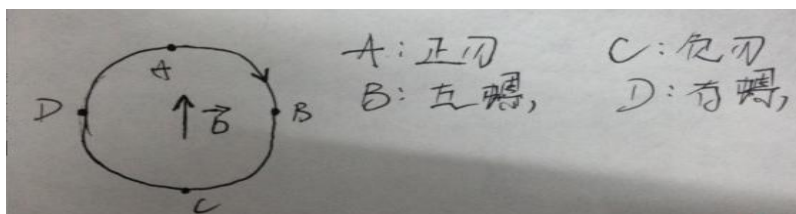
4. 金属及合金中主要是金属键, 间隙相中存在共价键和金属键。

5. 单晶体材料的各向异性主要是因为不同晶向上的原子紧密程度不同所致。

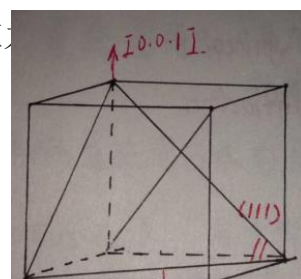
6. 肖脱基空位: 脱离平衡位置的原子迁移到晶体表面上所产生的空位。

弗兰克尔空位: 脱离平衡位置的原子迁移到晶格间隙中所产生的空位, 同时产生间隙原子。

7.



8. fcc 上 $\tau = 1\text{Mpa}$, 在 (111) 面、 $[110]$ 晶向, 求 $[101]$ 上最小切应力





滑移面 (111) 的法线为 [111], [111] 与 [101] 夹角 φ

$$\cos \varphi = \frac{2}{\sqrt{6}}, [101] \text{ 与滑移方向 } [110] \text{ 夹角为 } \lambda : \cos \lambda = \frac{1}{2}$$

$$\sigma_s = \frac{\tau_k}{\frac{1}{2} \times \frac{2}{\sqrt{6}}} = \sqrt{6} \text{ Mpa}$$

9. 为使铸锭的收缩尽可能的提高到顶部, 从而减少切头率, 通常采用的方法:

- ① 加快底部的冷却速度, 如铸锭模底放置冷铁, 使凝固自下而上进行。
- ② 在铸锭顶部加保温冒口, 使铸锭上部的液体最后凝固。
- ③ 铸模上薄下厚, 锭子上大下小。

10. 提高铸锭中柱状晶区比例的工艺方法:

- ① 采用导热性好与热容量大的铸模材料
- ② 提高浇注温度和浇注速度。
- ③ 提高熔化温度。
- ④ 定向凝固技术。

判断

1. 条幅分解: 按照扩散偏聚机制转变, 由一种固溶体分解为两个结构相同、成分不同的固溶体。无核相变, 不存在形核长大过程。保持共格联系。

条幅分解的条件: ① 合金成分在两拐点之间 ② 合金中间可以扩散。

2. 置换固溶体: 指溶质原子占据溶剂晶格的某结点位置形成的固溶体。

影响置换固溶体的溶解度的因素:

- 1. 原子半径: Δr 越小, 组元间的原子半径越相近, 则固溶体的固溶度越大。
- 2. 电负性: 组元间电负性之差越小, 固溶体的固溶度越大。
- 3. 电子浓度: 组元中溶质元素原子价越大, 固溶度越小。
- 4. 晶体结构: 溶质与溶剂的晶格结构类型是否相同是能否形成无限固溶体的必要条件, 晶格结构类型越相似, 固溶度越大。



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

3. 粗糙界面（垂直长大机制）：①正温度梯度：平面长大

②负温度梯度：树枝状长大

光滑界面（二维晶核长大或螺型位错长大机制）：

①正温度梯度：某一晶体学小平面，与 T_m 交有一定角度，呈锯齿状。

②负温度梯度： α 不太大时呈带小平面的树枝状长大。

α 很大或负温度梯度较小：可能长成规则几何形状的晶体。

3. 金属键能越高，原子半径越小，熔点越高，强度、模量越大，热膨胀系数越小。

简答题

1. 影响再结晶温度的因素？

答：①变形程度：变形程度越大，其储存能越高，再结晶驱动力越大，再结晶温度越低。

②金属纯度：金属纯度越高，再结晶温度越低（杂质和合金元素阻碍原子的扩散，阻碍位错和晶界的迁移，提高再结晶温度）

③原始尺寸：原始组织越细小，则变形后储存能越高，再结晶温度越低。

④加热速度和保温时间：保温时间延长，原子扩散充分，利于再结晶形核和长大，故再结晶温度低。提高加热速度，再结晶温度升高，加热速度十分缓慢。则利于回复过程的进行，使再结晶驱动力降低，再结晶温度升高。

2. 随加热温度升高，保温时间延长，变形组织的组织和性能有什么变化？

答：随加热温度升高，保温时间延长，变形组织先后发生回复、再结晶、晶粒长大三个阶段。

①回复：当温度升高至回复温度范围，变形组织的显微组织无显著变化，仍保持纤维状的变



形组织，金属的机械性能如强度、硬度、塑性无明显变化，其亚结构和某些物理性能能发生变化，电阻显著减小，抗应力腐蚀能力提高，第一类内应力基本消除，随回复温度升高，亚结构变化依次是点缺陷运动，空位浓度降低；位错滑移；位错攀移形成位错墙。

②再结晶：变形组织由纤维状逐渐被无畸变的新的等轴晶粒所代替，性能变化为加工硬化状态消除，强度、硬度减小，塑性韧性升高，内应力完全消除。

③晶粒长大：再结晶的等轴细晶粒形成，随加热温度的升高，保温时间的延长，等轴晶粒正常长大，但加热温度过高，保温时间过长，会发生少数晶粒十分粗大的现象，最后小晶粒被大晶粒吞并，即二次再结晶（二次再结晶是由于晶界存在着弥散细小的夹杂物或者第二相质点，阻碍晶粒的长大，但加热温度过高或者保温时间过长，质点偏聚或溶入金属基体中，导致少数晶粒失去夹杂物的约束而突然长大）。性能变化：由于晶粒粗大，导致金属的机械性能如强度、塑性显著降低，但导磁率升高。

3.空间点阵和晶体结构有什么关系和区别？

答：晶体结构是指晶体中原子的具体排列情况。

空间点阵则是抽象的有规则的周期性排列而成空间几何图形。

晶体结构有无数种，而空间点阵有 14 种。

4. 临界晶核与过冷度有什么关系？临界晶核的物理意义？

答：由 $r^* = \frac{2\sigma}{\Delta G_v}$ 和 $\Delta G_v = \frac{\Delta T}{T_m} L_m$ 联立得： $r^* = \frac{2\sigma \cdot T_m}{\Delta T \cdot L_m}$ 可知，过冷度 ΔT 越大，临界晶核半径越小。

①当晶胚尺寸 $r < r_k$ 时，晶胚不能成为稳定的晶核，而是瞬间形成、瞬间消失。

②当晶胚尺寸 $r = r_k$ 时，晶胚有可能成为稳定的晶核，也可能消失。

③当晶胚尺寸 $r > r_k$ 时，晶胚可形成稳定的晶核并长大。



综合题:

以共析钢为例（平衡组织形态）

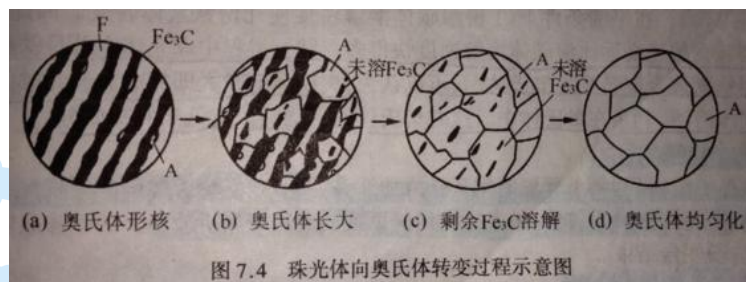
1.画图说明加热阶段奥氏体形成过程

2.画示意图分析说明奥氏体界面碳浓度分布变化规律与奥氏体长大机制

3.影响奥氏体晶粒长大的因素

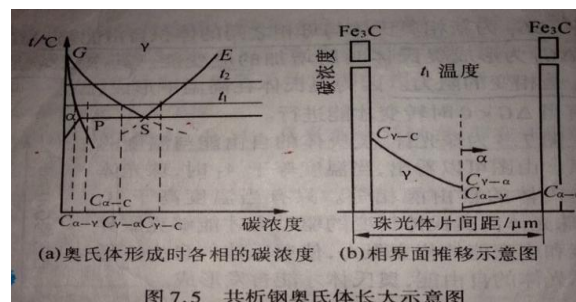
答:

1.



奥氏体形成过程包括：奥氏体形核；奥氏体长大；剩余渗碳体溶解；奥氏体均匀化。

2. 奥氏体形核后，一面与铁素体接触，一面与渗碳体接触，由于 $C_{\gamma/c} > C_{\gamma/\alpha}$ ，在奥氏体内形成浓度差，引起碳在奥氏体由高浓度的 γ/c 界面向低浓度的 γ/α 界面扩散，使 $C_{\gamma/c}$ 降低， $C_{\gamma/\alpha}$ 升高，从而破坏了原有的碳浓度平衡，为了恢复原有的平衡，则 γ/c 界面处的渗碳体溶入奥氏体，使 $C_{\gamma/c}$ 升高，而 γ/α 界面处的铁素体转化为奥氏体，使 $C_{\gamma/\alpha}$ 降低，从而恢复界面平衡，这样，奥氏体便分别向铁素体和渗碳体长大，由于奥氏体内由于碳的扩散，不断打破相界面平衡，为了恢复平衡，奥氏体不断向铁素体和渗碳体长大。同时在铁素体内也存在碳浓度差，使碳在铁素体内发生扩散，扩散结果也会促进奥氏体长大。





材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

3. ①加热温度和保温时间：奥氏体形成后，随加热温度的升高，奥氏体晶粒长大，一定温度

下，保温时间延长，奥氏体晶粒长大，当奥氏体晶粒长大至一定尺寸时，随保温时间的延长，奥氏体晶粒不再长大。

②加热速度的影响：加热速度越快，过热度越高，奥氏体实际形成温度越高，奥氏体形核率越高，奥氏体晶粒越细小。

③质量分数：（1）含碳量：在一定范围内的含碳质量分数，随着含碳量的增加，奥氏体晶粒长大倾向增加，当含碳量超过一定范围，随含碳量增加，奥氏体晶粒反而越细小。

（2）合金元素：钢中加入适量的难熔化合物合金元素如 Ti、V、AL 等强烈阻碍奥氏体晶粒长大，使奥氏体晶粒细化，不形成化合物的合金元素如 Si、Cu、Ni 等对奥氏体晶粒无明显作用，而 Mn、P、N 等元素溶入奥氏体则促进奥氏体长大。





材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2014 年初试参考答案

选择

1. $\left[\begin{smallmatrix} 1 & 1 & 2 & 0 \end{smallmatrix} \right]$

2. 略

3. 条幅分解：按照扩散偏聚机制转变，由一种固溶体分解为两个结构相同、成分不同的固溶体。无核相变，不存在形核长大过程。保持共格联系。

4. 纯金属在正温度梯度下结晶时，晶体生长形态为平面状长大，垂直长大机制，在负温度梯度下呈胞状或者树枝状长大。

固溶体合金在正温度梯度下结晶时，以垂直长大机制，晶体生长形态可能以平面长大或者胞状或者树枝状长大。在负温度梯度下呈胞状或者树枝状长大。

5. 晶体表面能的影响因素：①外部介质的性质：外部介质对晶体界面原子的作用

力与晶体内部分子或者原子对界面原子的作用力差别越大，表面能越大。

②裸露晶面的原子密度：原子密度越大，表面能越小。

③晶体表面的曲率：曲率越大，表面能大。

④晶体的性质：晶体本身的结合能高，表面能大，熔

点高，则

结合能大，因而表面能也高

6. 铜无同素异构转变，因此只有冷塑性变形后通过再结晶得到细小的等轴晶粒，而铁存在同素异构转变，经历形核、长大过程，因此可通过热处理细化晶粒。

7. 钢的淬透性是钢在淬火时获得马氏体的能力，与淬透性相关的因素是钢的临界冷却速度（奥氏体稳定性），是钢的固有属性。

淬硬性是指钢淬火后获得马氏体达到的硬度，与含碳量有关。

8. 金属模型（双原子模型）：金属的本质是具有正的电阻温度系数。

9. 略

10. 影响淬火态钢的硬度的主要因素：（1）马氏体的含量、残余奥氏体的含量

（2）马氏体的正方度

（3）马氏体中的含碳量



马氏体的硬度随质量分数的提高而升高，当含碳量达到 0.6%时，淬火钢达到最高硬度，此后随含碳量的增加，马氏体虽有所提高硬度，但是钢中的残余奥氏体的含量增多，钢的硬度降低。

判断

1. F 2. T 3. T 4. F

简答题：

1. 图为组元在固态下相互不溶解的三元共晶合金相图的投影图，分析 0 点成分合金的平衡结晶过程及室温组织，并写出该合金在室温下组织成分物的相对含量表达式。

答：参见《金属学与热处理原理》（蓝皮）143 页~144 页以及 147 页课后习题第 6 题。

2 金属结晶时为什么需要过冷？分析推导出当液相金属向晶体转变时，单位体积自由能的转变自由能和过冷度的关系。

答：由图知，当 $T=T_m$ 时，处于固液相并存的状态，当 $T<T_m$ 时， $G_s<G_L$ ，由于金属的结晶是自由能降低的过程，故当 $T<T_m$ 时，金属自发由液相向固相转变。因此金属结晶时实际温度低于理论结晶温度。

$$\begin{aligned}\therefore \Delta G_V &= G_L - G_S \\ \because G &= H - TS \\ &= H_L - T \cdot S_L - (H_S - T \cdot S_S) \\ &= (H_L - H_S) + T \cdot (S_S - S_L)\end{aligned}$$

$\because H_L - H_S = L_m$ 是结晶潜热，当 $T=T_m$ 时， $\Delta G_V = 0$

$$\therefore L_m + T_m \cdot (S_S - S_L) = 0 \quad \therefore L_m = T_m \cdot (S_L - S_S) = T_m \cdot \Delta S$$

当 $T<T_m$ 时， ΔS 很小可视为常数。

$$\therefore \Delta G_V = L_m - \frac{L_m}{T_m} \cdot T = L_m - \left(1 - \frac{T}{T_m}\right) = L_m \cdot \frac{\Delta T}{T_m}$$

$\therefore \Delta G_V = L_m \cdot \frac{\Delta T}{T_m}$ 即 ΔT 越大， ΔG_V 越大，结晶驱动力越大。

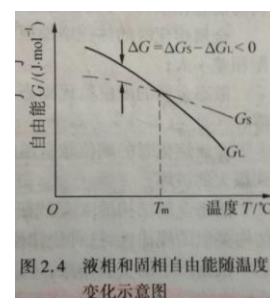


图 2.4 液相和固相自由能随温度变化示意图



3 杂质元素 P、S 对钢性能的影响？

答：

硫的影响：1. 使钢在热加工产生开裂现象即热脆。原因在于 FeS 偏析，钢在凝固时，由于发生离异共晶，使 FeS 留在晶界处，而 FeS 的熔点较低，热加工的温度大于 FeS 的熔点，故热加工时 FeS 在晶界呈熔融状态，因此在拉应力的作用下容易产生开裂。

2. 含硫质量分数高的钢铸件会在铸造应力的作用下产生热裂纹，焊接时产生的 SO_2 使焊缝产生气孔、缩松。

3. 硫还可提高钢的切削加工性能。

磷的影响：1. 磷具有很强的固溶强化作用，使钢的强度、硬度显著提高，塑韧性（尤其是低温韧性）显著降低，即冷脆。

2. 磷具有严重的偏析倾向，其在 α -Fe、 γ -Fe 中扩散速度很小，难以利用热处理消除。

3. 磷溶入铁素体可降低其韧性，可以改善钢的切削加工性能。

4 什么是魏氏组织？说明其形成条件，组织形态，以及对钢性能的影响及消除方法。

答：在含碳量小于 0.6% 的亚共析钢或含碳质量分数大于 1.2% 的过共析钢中，由高温以较快冷却速度冷却时，先共析铁素体或先共析渗碳体在原奥氏体晶界上析出并沿奥氏体晶界向晶内生长，呈针片状，金相显微镜下可观察到铁素体与渗碳体近乎平行，其间存在珠光体组织，呈黑色羽毛状，这种组织称为魏氏组织。

形成条件：（1）含碳质量分数小于 0.6% 的亚共析钢或大于 1.2% 的过共析钢。

（2）较快的冷却速度。

（3）奥氏体晶粒越粗大，越容易形成魏氏组织。

组织形态：针片状，金相显微镜下呈黑色羽毛状。

钢的性能影响：魏氏组织的存在使钢的机械性能尤其塑性和冲击韧性显著降低，提高韧脆转变温度。

消除措施：细化晶粒的退火、正火或者锻造，魏氏组织程度严重时采用二次正火。

5 试述共析钢淬火后回火过程中组织转变过程，写出三种典型的回火组织及其性能特点。

答：



1. 马氏体中碳的偏聚：在 $20^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 温度范围内回火时，铁和合金元素原子难以扩散，而马氏体中过饱和的 C、N 原子会向晶体缺陷（如位错）偏聚扩散，形成 C、N 偏聚区，降低马氏体能量。

2. 马氏体分解：回火温度高于 80°C 时，马氏体将发生分解，随着回火温度的升高，马氏体中碳原子浓度逐渐降低，马氏体的正方度 c/a 减小，晶格常数 c 减少，马氏体分解形成针状 α 相和弥散的 ϵ -碳化物组成的机械混合物，即回火马氏体。

3. 残余奥氏体转变：含碳量大于 0.4% 的淬火钢在 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 回火时，发生残余奥氏体转变，形成回火马氏体或下贝氏体。

4. 碳化物转变：回火温度在 $250^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，含碳量大于 0.4% 的马氏体中， ϵ -碳化物溶解，通过离位析出形成 x -碳化物，随着回火温度升高，一部分 x -碳化物溶解，通过离位析出形成 θ -碳化物，另一部分 x -碳化物则直接转变成 θ -碳化物；当含碳量小于 0.4% 时不析出 x -碳化物；含碳量小于 0.2% 时直接转变形成 θ -碳化物。

5. 渗碳体聚集长大和 α 相回复、再结晶：当回火温度高于 400°C 时，析出的渗碳体逐渐聚集和球化形成细粒状渗碳体，回火温度高于 600°C 时，细粒状渗碳体逐渐粗化长大。由于淬火马氏体晶粒为非等轴晶粒且位错密度高，与冷变形金属相似，因此回火过程中也会发生回复和再结晶，当回火温度高于 400°C 时， α 相发生回复过程，点缺陷浓度降低，第一类内应力基本消除。当回火温度高于 600°C 时， α 相发生再结晶过程，低位错密度的等轴晶粒取代高位错密度的纤维状变形晶粒。

回火马氏体：针状 α 相与弥散的 ϵ -碳化物的机械混合物。具有高强度、高硬度、高耐磨性。

回火屈氏体：针状 α 相和与其无共格联系的细粒状和片状碳化物的机械混合物。具有高的弹性极限，较高的强度和硬度，良好的塑性韧性。

回火索氏体：等轴状的铁素体和粗粒状的渗碳体组成的机械混合物。具有良好的综合机械性能。

6. 以含同 0.45% 的 Al-Cu 合金为例，说明饱和固溶体脱溶过程，影响脱溶动力学的因素以及合金时效时性能的演化规律。

答：

脱溶过程：①形成 G.P. I 区：通过 Cu 原子扩散，首先形成薄片状 Cu 原子富聚区，即 G.P. I



区，富 Cu 薄片平行母相 (100) 晶面，并与母相保持共格界面。

②形成 G. P. II 区: G. P. I 区形成后, 随时效温度升高或保温时间延长, 在 G. P. I

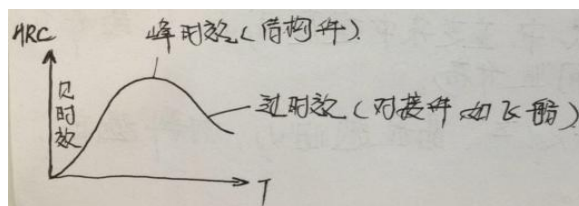
区基础上 Cu 原子进一步富聚, G. P. I 区进一步长大, 此时 Cu、Al 原子发生有序化转变, 形成 G. P. II 区, 也称 θ'' 相, θ'' 相与母相保持共格关系。

③形成 θ' 过渡相: 随着时效过程的发展, 片状 θ'' 相周围与基体部分失去共格关系转变为 θ' 相, θ' 相与母相保持半共格关系。

④形成 θ 平衡相: 随着 θ' 相的生长, θ' 相周围基体的应力、应变增加, 弹性应变能增加, 因此 θ' 相越来越不稳定, 当 θ' 相长大至一定尺寸时, 共格关系破坏, θ' 相与基体完全脱离而形成平衡相, 即 θ 相, θ 相具有正方晶格, 呈块状, 与母相为非共格关系。

力学性能变化: G. P. I 区的形成使合金的硬度开始升高, θ'' 相的形成使合金的硬度进一步

增大, 当刚开始形成 θ' 相时, 合金的硬度达到最大值, 此后随着 θ' 相的形成、长大, 合金的硬度开始下降, θ 相的形成、聚集和长大导致合金硬度进一步下降, 称为过时效。



影响脱溶动力学的因素:



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

①时效温度：温度越高，脱溶速度越快，但温度升高，合金过饱和度减小，脱溶速度又减慢。

②合金成分：熔点低，脱溶速度快，过饱和度越大，脱溶速度越快，溶质原子与溶剂原子尺寸差别越大，脱溶速度越快。

③晶体缺陷：晶体缺陷会促进脱溶过程。

综合题

1 用含碳量 0.6% 的亚共析钢 ($Ac_3=800^{\circ}\text{C}$, $Ac_1=730^{\circ}\text{C}$) 制作

(1) 较小尺寸的螺旋弹簧 ($d=8\text{mm}$)，加工工艺： 1000°C 锻造后等温冷却至 550°C 保温 2 小时——空冷——室温拉拔—— 680°C 退火——室温拉拔——缠绕成型—— f ： 250°C 1 小时退火——空冷。说明工艺 f 的目的及其得到的组织。

(2) 较大尺寸螺旋弹簧 ($d=20\text{mm}$)，工艺过程：一. 1000°C 锻造后热缠绕成型——二. 预冷至 850°C 水淬火——三. 350°C 回火——空冷——四. 喷丸处理，说明工艺 1. 2. 3. 4 的目的和组织。

答：

(1) f 指 250°C 退火 1h，则为去应力退火，目的是消除冷变形产生的内应力，防止变形、开裂，保持其高的弹性极限。组织为纤维组织。

(2) 1. 目的：细化晶粒，均匀成分，消除偏析，消除组织缺陷。

组织：得到纤维组织（奥氏体）

2. 目的：提高金属的强度、硬度

组织：隐晶马氏体和少量残余奥氏体

3. 目的：得到高的弹性极限，较高的强度、硬度，良好的塑韧性，消除淬火应力。

组织：回火屈氏体

4. 目的：提高弹簧的疲劳强度、疲劳寿命和硬度。

组织：表面强化层为细小的亚晶粒组织，金属内部仍为回火屈氏体。



2 说明细晶强化的概念，机理规律，工艺方法与实际应用的实例。

答：

概念：随晶粒尺寸的减小，材料的强度、硬度提高，塑性、韧性改善的现象称为细晶强化。

机理：晶粒细小，晶粒内位错塞积群中的位错个数越少，由 $\tau = n \cdot \tau_0$ 得，应力集中越小，且晶粒越细小，晶界相对面积越大，而晶界阻碍位错运动，故强度、硬度提高。晶粒越细小，单位体积（面积）内的晶粒个数越多，变形量均匀分布在更多的晶粒上，使应力集中、应变集中程度减小，且晶界不利于裂纹的扩展，因此塑韧性提高。

规律：由霍尔佩奇公式得： $\sigma_s = \sigma_0 + kd^{\frac{1}{2}}$ ，晶粒越细小，材料强度、硬度、塑性、韧性均提高。

工艺方法：

1. 铸造：①控制过冷度：提高过冷度，细化晶粒。

②变质处理：加入形核剂，促进非均匀形核。

③搅拌振动、超声波处理

2. 冷塑性变形：通过冷变形后再结晶细化晶粒。

①控制变形量：避免在临界变形度范围加工。

②控制退火温度： $T_{\text{再结晶}} + 30^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$

3. 热加工：①控制变形程度

②控制热加工温度

③控制终锻（轧）温度及锻（轧）后冷却速度

4. 热处理：一般正火、完全退火均可以细化晶粒，主要是控制奥氏体化过程，即

控制奥氏体晶粒度：①控制加热温度

②控制保温时间

③控制加热速度



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

④控制含碳质量分数

⑤合金元素的影响

采用高温快速加热、短时保温以获得细小晶粒，还可以加入适量的抑制奥氏体长大的合金元素。

5. 第二相弥散分布：加入适量的合金元素（合金化）

6. 包晶转变以细化晶粒

实际意义：是唯一的既能提高强度、硬度，又改善塑性、韧性的强化方法，适用于各种加工工艺。



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2015 年初试参考答案

选择、判断：略

简答题和综合题

① Si、Mn、N 对钢的影响

答：

Mn、Si 的影响：

锰和硅是炼钢过程中必须加入的脱氧剂，用以除去溶于钢液中的氧。它还可以把钢液中的 FeO 还原成铁，并形成 MnO 和 SiO₂。锰除了脱氧作用外，还有除硫的作用，即与钢液中的硫结合呈 MnS，从而在相当大的程度上消除硫在钢中的有害影响。这些反应产物大部分进入炉渣，小部分残留在钢中形成非金属夹杂物。

脱氧剂中的 Mn 和 Si 总会有一部分溶于钢液中，冷却至室温后即溶于铁素体中，提高铁素体的强度。此外 Mn 还可以溶入渗碳体中，形成 (Fe、Mn)₃C。

Mn 对碳钢的机械性能有良好的影响，它能提高钢的强度和硬度，当 Mn 的含量小于 0.8% 时，可以稍微提高或者不降低钢的塑性和韧性。Mn 提高强度的原因是它溶入铁素体而引起的固溶强化，并使钢材在热轧后冷却时得到片层较细、强度较高的珠光体，在同样含碳质量分数和同样的冷却条件下，Mn 使珠光体的质量分数增加。

碳钢中的含硅质量分数一般小于 0.5%，它也是钢的有益元素，硅溶入铁素体后有很强的固溶强化作用，显著提高了钢的强度和硬度，但含硅质量分数较高时，将使钢的塑性和韧性下降。

N 的影响：

N 的有害作用主要是通过淬火时效和应变时效造成的，N 在 α -Fe 中的溶解度在 591℃ 时最大， $w(N) = 0.1\%$ 。随着温度的降低，溶解度急剧下降，在室温时 $w(N) > 0.001\%$ 。如果将含氮较高的钢从高温急速冷却下来（淬火）时，就会得到氮在 α -Fe 中的过饱和固溶体，将此钢材在室温下长期放置或者稍微加热时，氮就逐渐以氮化铁的形式从铁素体中析出，使钢的强度、硬度升高，塑性韧性下降，钢材变脆，这种现象称为淬火时效。

另外，含有氮的低碳钢材经冷塑性变形后，性能也随着时间而变化，即强度、硬度升高，塑性、韧性下降，这种现象称为应变时效。淬火时效和应变时效均对低碳钢的性能产生有害影响。

② 奥氏体稳定化的概念与特点

答：奥氏体稳定化：奥氏体稳定化是指奥氏体结构在外界条件影响下发生某种变化，致使马氏体转变温度降低和残余奥氏体量增多的相变迟滞现象。亦称为奥



氏体陈化稳定。根据奥氏体稳定化的成因可分为热稳定化和机械稳定化。

(1) 奥氏体热稳定化: 奥氏体热稳定化是钢在淬火冷却过程中由于冷却缓慢或中途停留而引起奥氏体向马氏体转变呈现迟滞的现象。在马氏体转变温度范围内, 如果中断冷却, 则马氏体转变就很快终止; 再继续冷却时, 马氏体转变并不立即开始, 而是经过一段时间之后转变才重新开始, 并且导致马氏体量的减少和残余奥氏体量相应增加, 从而产生奥氏体热稳定化。产生热稳定化现象时, 其温度有一个临界值, 以 M_c 表示, 在 M_c 点以上等温停留时, 不出现奥氏体热稳定化。只有在低于 M_c 点等温停留或缓慢冷却时, 才会引起奥氏体热稳定化。 M_c 与 M_s 无关, 因钢种不同可低于 M_s 点, 亦可高于 M_s 点。

(2) 奥氏体机械稳定化: 在 M_d (形变诱发马氏体转变温度) 点以上的温度对奥氏体进行大量塑性变形, 将会抑制在随后冷却时的马氏体转变, 使 M_s 点降低, 残余奥氏体量增加。即引起奥氏体稳定化, 称为奥氏体的机械稳定化。

有两种情况: ①相变强化机械稳定化: 系指淬火至 M_s 点以下连续冷却时, 由于马氏体转变量增加, 体积膨胀, 使剩余奥氏体因强化而出现的奥氏体稳定化现象。但这种稳定化现象只有在冷至某一温度以下, 马氏体转变量达到一定数量时才会出现, 这一温度称为相变强化临界温度; ②形变强化机械稳定化—实验证明, 在温度 M_d 以上对奥氏体进行塑性变形, 会使随后的马氏体转变发生困难, 降低 M_s 点, 增加残余奥氏体量, 这种现象称为形变强化机械稳定化。这是因为塑性变形使奥氏体晶体缺陷增多而强化, 阻碍马氏体转变。如果在 M_d 点以下对奥氏体进行大量变形时, 也有机械稳定化现象。

③ 马氏体强化机制

答: 1. 固溶强化: 过饱和的间隙原子碳溶入 α 相晶格, 使 α 相晶格产生正方畸变, 形成一个强烈的弹性应力场, 该应力场会与位错发生交互作用。阻碍位错的运动, 使马氏体的强度、硬度增大, 从而马氏体强化。

2. 相变强化: 马氏体转变过程中会使晶体内部产生大量的具有高密度晶体缺陷的亚结构, 如板条马氏体的高密度位错, 片状马氏体的孪晶等, 这些晶体缺陷均会阻碍位错的运动, 使位错运动抗力增加, 从而产生马氏体强化。

3. 时效强化: 马氏体形成后, 由于一般钢的 M_s 点在室温以上, 于是在淬火过程中、室温停留时或在外力作用下, 马氏体发生自回火, 即碳原子和合金元素原子向位错等晶体缺陷偏聚、扩散或弥散析出碳化物, 钉扎位错使位错难以运动, 使马氏体强化。

4. 晶界强化: 晶界会阻碍位错的运动, 故原始晶粒尺寸越细小, 马氏体条束越小, 晶界相对面积增加, 故马氏体强度增大。

④ 依据三元共晶合金相图分析 0 点的平衡结晶过程以及合金的成分计算



答：略。参见《金属学与热处理原理》（蓝皮）143 页~144 页以及 147 页课后习题第 6 题。

⑤共析钢的回火转变过程和三种典型回火组织及其性能特点？

答：

1. 马氏体中碳的偏聚：在 $20^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 温度范围内回火时，铁和合金元素原子难以扩散，而马氏体中过饱和的 C、N 原子会向晶体缺陷（如位错）偏聚扩散，形成 C、N 偏聚区，降低马氏体能量。
 2. 马氏体分解：回火温度高于 80°C 时，马氏体将发生分解，随着回火温度的升高，马氏体中碳原子浓度逐渐降低，马氏体的正方度 c/a 减小，晶格常数 c 减少，马氏体分解形成针状 α 相和弥散的 ϵ -碳化物组成的机械混合物，即回火马氏体。
 3. 残余奥氏体转变：含碳量大于 0.4% 的淬火钢在 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 回火时，发生残余奥氏体转变，形成回火马氏体或下贝氏体。
 4. 碳化物转变：回火温度在 $250^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，含碳量大于 0.4% 的马氏体中， ϵ -碳化物溶解，通过离位析出形成 x -碳化物，随着回火温度升高，一部分 x -碳化物溶解，通过离位析出形成 θ -碳化物，另一部分 x -碳化物则直接转变成 θ -碳化物；当含碳量小于 0.4% 时不析出 x -碳化物；含碳量小于 0.2% 时直接转变形成 θ -碳化物。
 5. 渗碳体聚集长大和 α 相回复、再结晶：当回火温度高于 400°C 时，析出的渗碳体逐渐聚集和球化形成细粒状渗碳体，回火温度高于 600°C 时，细粒状渗碳体逐渐粗化长大。由于淬火马氏体晶粒为非等轴晶粒且位错密度高，与冷变形金属相似，因此回火过程中也会发生回复和再结晶，当回火温度高于 400°C 时， α 相发生回复过程，点缺陷浓度降低，第一类内应力基本消除。当回火温度高于 600°C 时， α 相发生再结晶过程，低位错密度的等轴晶粒取代高位错密度的纤维状变形晶粒。
- 回火马氏体：针状 α 相与弥散的 ϵ -碳化物的机械混合物。具有高强度、高硬度、高耐磨性。
- 回火屈氏体：针状 α 相和与其无共格联系的细粒状和片状碳化物的机械混合物。具有高的弹性极限，较高的强度和硬度，良好的塑性韧性。
- 回火索氏体：等轴状的铁素体和粗粒状的渗碳体组成的机械混合物。具有良好的综合机械性能。

⑥AL-Cu 合金时效脱溶的过程，影响脱溶动力学因素和合金性能变化规律



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

答:

脱溶过程: ①形成 G. P. I 区: 通过 Cu 原子扩散, 首先形成薄片状 Cu 原子富聚区, 即 G. P. I

区, 富 Cu 薄片平行母相 (100) 晶面, 并与母相保持共格界面。

②形成 G. P. II 区: G. P. I 区形成后, 随时效温度升高或保温时间延长, 在 G. P. I

区基础上 Cu 原子进一步富聚, G. P. I 区进一步长大, 此时 Cu、Al 原子发生有序化转变, 形成 G. P. II 区, 也称 θ'' 相, θ'' 相与母相保持共格关系。

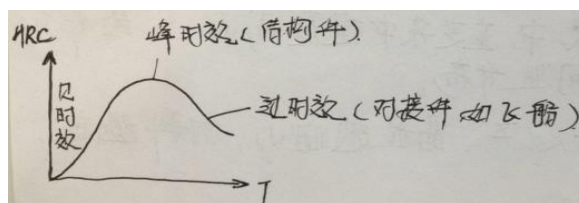
③形成 θ' 过渡相: 随着时效过程的发展, 片状 θ'' 相周围与基体部分失去共格关系转变为 θ' 相, θ' 相与母相保持半共格关系。

④形成 θ 平衡相: 随着 θ' 相的生长, θ' 相周围基体的应力、应变增加, 弹性应变能增加, 因此 θ' 相越来越不稳定, 当 θ' 相长大至一定尺寸时, 共格关系破坏, θ' 相与基体完全脱离而形成平衡相, 即 θ 相, θ 相具有正方晶格, 呈块状, 与母相为非共格关系。

力学性能变化: G. P. I 区的形成使合金的硬度开始升高, θ'' 相的形成使合金的硬度进一步

增大, 当刚开始形成 θ' 相时, 合金的硬度达到最大值, 此后随着 θ' 相的形成、长

大, 合金的硬度开始下降, θ 相的形成、聚集和长大导致合金硬度进一步下降, 称为过时效。





材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

影响脱溶动力学的因素:

- ①时效温度: 温度越高, 脱溶速度越快, 但温度升高, 合金过饱和度减小, 脱溶速度又减慢。
- ②合金成分: 熔点低, 脱溶速度快, 过饱和度越大, 脱溶速度越快, 溶质原子与溶剂原子尺寸差别越大, 脱溶速度越快。
- ③晶体缺陷: 晶体缺陷会促进脱溶过程。

⑦判断位错类型以及位错运动方向(在一个正方体晶胞内)(可参考上交版本材料基础书)

⑧热处理工艺题目: 参考 2014 年的第四大题综合题(考到了喷丸处理的目的是和作用)





材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

第三章 复试工作方案及复试名单

现附上 2015 年哈尔滨工业大学材料科学与工程学院复试工作方案以及复试名单。（哈工大复试真题等大家进了复试再给吧，先好好准备初试。）

附件 1

材料科学与工程学院 2015 年硕士研究生入学考试（不含推免生）复试工作方案

一、材料学院 2015 年硕士研究生入学考试复试工作各学科招生计划、复试分数线及复试考生百分比：

各学科招生计划

学科	总规模 (含推免生)	其中专业学位 (含推免生)	备注
信息功能材料与器件学科（本部）	12	0	
材料物理与化学学科（本部）	23	10	
空间材料与加工学科（本部）	17	7	
航天学院材料学学科（本部）	26	11	
材料学院材料学学科（本部）	81	34	
材料加工工程学科——铸造（本部）	42	17	
材料加工工程学科——锻压（本部）	42	17	
材料加工工程学科——焊接（含电子封装） （本部）	67	28	
本部合计	310	124	
深圳研究生院	69	31	
威海校区	30	17	

注：本部招生名额含哈工大（鞍山）工业技术研究院定向培养计划，材料工程（专业代码 085204）专业 2 人

复试分数线见下表，复试考生百分比约为：115%

四科总分	政治	外国语	业务课一	业务课二
320	45	45	80	80

三、复试名单。见附件 2

四、资格审查 非应届本科生：



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

审查——有效身份证件、学历证书、学位证书、《教育部学历证书电子注册备案表》或《中国高等教育学历认证报告》;

提交——以上所有复印件;

应届本科生:

审查——有效身份证件、学生证、《教育部学籍在线验证报告》;

提交——以上所有复印件。应届本科生毕业证书及学士学位证书将在入学时提交审查。

时间: 2015 年 3 月 19 日 8:00~11: 30

地点及联系人 (含报考深圳、威海和单考、强军考生):

学科	地点	联系人
信息功能材料与器件	材料学院楼 519 房间	王东博----13101660586
材料物理与化学	材料学院楼 802 房间	刘淑娟----15244620969
空间材料与加工	9 号楼 (材料学院楼旁边) 310 房间	杨 剑 群 ----18346100188
航天学院材料学	哈工大科学园 A 栋 复合材料研究所 316 房间	梁媛媛----86402477, 13895706696
材料学院材料学	材料学院楼 522 房间	姜建堂----13936643895
材料加工工程 ----铸造	材料学院楼 427 房间	宁志良----13633620881
材料加工工程 ----锻压	材料学院楼 428 房间	王国峰----13904516689
材料加工工程 ----焊接 (含电子封装)	材料学院楼 716 房间	王 苹----13936460915

五、笔试

时间: 2015 年 3 月 21 日 上午 8: 30~11: 30 全校统一笔试;

考试教室安排在资格审查地点张贴。

请考生注意:

1、携带相关有效证件 (身份证、学生证、军官证)、没有存储功能的计算机。

2、开考前 30 分钟进入考场, 不可提前。

六、面试

时间: 2015 年 3 月 21 日 下午 14: 00

地点在资格审查时公布, 各专业联系人为资格审查时联系人。

面试主要考核考生的综合素质、业务能力及外语水平, 对每位考生的考核时间一般不少于 20 分钟, 面试过程都有详实记录, 主要包含以下基本方面: 1) 大学阶段学习情况及成绩; 2) 利用所学知识发现、分析和解决问题的能力; 3)



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

外语听说能力；4) 创新精神和创新能力；5) 思想政治素质、道德品质、人文素养等；6) 本学科以外的学习、科研、社会实践（或实际工作）表现等方面的情况；7) 身心健康情况、举止、表达和礼仪等。参加面试时，考生可提供反映自身能力与水平的获奖证书、各类证明等相关材料。

七、录取原则及办法

一、各二级学科或方向分别设定复试笔试和面试合格线，笔试或面试成绩没有达到合格线者将失去被录取资格，满足以下条件者可认为是复试合格考生：

(1) 复试笔试成绩达到 120 分，或复试笔试成绩排在参加考试全体人数的前 90%；

(2) 复试面试成绩达到 48 分，或复试面试成绩排在参加考试全体人数的前 90%。

二、按考生初试和复试成绩之和排序，根据各二级学科或方向招生计划由高到低录取。

材料科学与工

程学院

2015 年 3 月

10 日

附件 2 （全国统考）

2015 年哈工大材料学院复试名单

姓名	毕业学校	报考学科名称	初试总成绩	政治理论	外国语	业务课 1	业务课 2
何军健	哈尔滨工业大学	材料工程	421	75	73	138	135
秦海旭	四川大学	材料物理与化学	419	67	73	141	138
孟圣昊	哈尔滨工业大学(威海)	材料加工工程	411	78	62	145	126
秦丹丹	哈尔滨理工大学	材料物理与化学	408	72	49	145	142
张福阳	哈尔滨工业大学	材料学	408	71	74	143	120
何晴	哈尔滨工业大学	材料学	403	71	70	134	128
陈若凡	中北大学	材料学	401	75	62	129	135
秦富强	哈尔滨理工大学	材料工程	399	75	60	142	122
楚振明	哈尔滨理工大	材料学	399	68	51	142	138



姓名	学	专业	总分	政治	英语	数学	专业课
杨雪凤	哈尔滨师范大学	材料物理与化学	397	70	52	132	143
方旻翰	哈尔滨工业大学	材料学	397	69	75	116	137
刘高任	西北工业大学	材料加工工程	396	69	60	144	123
张衍	太原理工大学	材料学	396	71	57	144	124
夏振新	哈尔滨工业大学	材料工程	396	74	70	139	113
齐广宇	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	396	68	67	132	129
程森	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	396	70	69	129	128
谭兵	湖南工业大学	材料工程	394	73	61	137	123
宋洋	哈尔滨工业大学(威海)	材料学	394	72	62	135	125
车泽伟	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	393	74	54	149	116
成功	合肥工业大学	材料工程	392	74	59	143	116
顾文亮	安徽工业大学	材料工程	392	65	55	130	142
刘艳南	南京理工大学	材料工程	391	69	59	146	117
危梦诗	福州大学	材料学	391	72	70	141	108
孙健	合肥工业大学	材料加工工程	389	66	59	143	121
李丹丹	天津大学	材料物理与化学	389	71	60	126	132
李高辉	哈尔滨工业大学	材料加工工程	388	71	71	127	119
刘伟亮	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	385	65	67	144	109
吕玉龙	郑州大学	材料工程	384	66	62	145	111
郭强	哈尔滨工业大学	材料加工工程	382	72	68	143	99
谢东序	哈尔滨工程大学	材料物理与化学	382	67	53	139	123
唐启明	湖南工业大学	材料工程	382	76	59	134	113
习聪	哈尔滨工业大学	材料工程	382	71	69	133	109



张士林	安徽大学	材料物理与化学	382	72	53	121	136
步澜斌	哈尔滨工业大学	材料工程	381	66	51	142	122
油如月	吉林大学	材料学	381	73	51	139	118
胡培军	中国石油大学(华东)	材料加工工程	380	72	50	146	112
田国庆	燕山大学	材料学	380	71	61	126	122
安云雷	哈尔滨工业大学	材料加工工程	379	72	63	134	110
于永东	山东理工大学	材料学	379	62	54	121	142
刘彦辰	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	379	75	61	115	128
陆骅俊	哈尔滨工业大学	材料工程	377	75	51	138	113
王沚舟	武汉大学	材料学	377	75	67	138	97
邢通	江苏大学	材料工程	376	67	52	145	112
闫光强	哈尔滨工业大学	材料工程	376	67	58	138	113
李亚辉	沈阳化工大学	材料物理与化学	376	71	62	129	114
王震钰	哈尔滨工业大学	材料物理与化学	375	71	56	125	123
谢武泽	哈尔滨工业大学	信息功能材料与器件	375	66	55	125	129
肖云健	中北大学	材料学	374	73	53	145	103
王维兵	武汉理工大学	材料工程	374	68	51	136	119
张志强	哈尔滨工业大学(威海)	材料加工工程	374	75	61	126	112
朱晓龙	燕山大学	材料学	374	74	46	121	133
王庆峰	哈尔滨工业大学	材料工程	374	74	62	119	119
娄春伟	长沙理工大学	材料加工工程	372	68	62	138	104
梁宇峰	河北工业大学	材料工程	372	73	63	130	106
姜卫国	南京工程学院	材料学	372	67	58	120	127
宋志恒	荆楚理工学院	材料加工工程	371	75	47	135	114



李亚飞	大连交通大学	材料工程	371	79	65	101	126
段宗辉	哈尔滨工业大学(威海)	材料学	370	64	58	143	105
胡建召	南京工业大学	材料加工工程	370	77	52	136	105
刘宏也	合肥工业大学	材料加工工程	369	66	56	141	106
申静芳	河北科技大学	材料工程	369	70	49	133	117
裴丽敏	哈尔滨工业大学	材料工程	369	73	74	125	97
胡海	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	369	71	65	124	109
冯鑫友	哈尔滨工业大学	材料工程	369	67	55	119	128
刘尚	武汉理工大学	材料学	368	71	49	136	112
刘明旭	燕山大学	材料学	368	71	59	135	103
赵夫凡	哈尔滨工业大学	材料工程	368	73	56	134	105
程卫高	南昌航空大学	材料工程	368	74	60	133	101
闫博	南昌航空大学	材料工程	368	63	55	133	117
王道畅	青海大学	材料学	368	69	46	124	129
蒋绪伟	合肥工业大学	材料工程	368	63	70	117	118
万强	哈尔滨工业大学	材料加工工程	368	75	62	114	117
王培侨	哈尔滨工业大学(威海)	材料学	367	67	64	142	94
毕天志	西南大学	材料加工工程	367	66	62	138	101
赵倩	青岛理工大学	材料工程	367	72	56	130	109
孙文硕	合肥工业大学	材料物理与化学	367	71	52	120	124
孟智超	济南大学	材料学	367	59	55	113	140
李军兆	江苏科技大学	材料工程	366	62	54	142	108
杨宇	江苏大学	材料加工工程	366	66	68	132	100
吕汉雄	哈尔滨工业大学	材料学	366	65	46	115	140
符立波	哈尔滨工业大学	材料工程	366	67	49	113	137



姓名	学	专业	总分	政治	英语	数学	专业课
王杰	哈尔滨工业大学	材料加工工程	365	66	57	134	108
张立东	哈尔滨理工大学	材料加工工程	365	67	63	130	105
梁帅	南京工业大学	材料工程	365	77	53	127	108
刁志良	哈尔滨工程大学	材料工程	365	70	52	125	118
刘军发	长江大学	材料加工工程	365	71	62	123	109
高岩	哈尔滨工业大学	材料学	365	66	59	120	120
金铁民	哈尔滨工业大学	信息功能材料与器件	365	71	57	109	128
李鑫磊	哈尔滨工业大学	材料加工工程	364	69	54	130	111
梁智博	哈尔滨工业大学	材料学	364	66	47	130	121
刘炎	哈尔滨工业大学(威海)	材料学	363	64	55	127	117
范敬哲	郑州大学	材料学	362	66	60	107	129
陶锐	哈尔滨工业大学	材料学	361	69	56	130	106
孙贤贤	青岛大学	材料学	361	67	47	119	128
张永赞	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	360	72	50	126	112
梁孟	哈尔滨工业大学	材料工程	360	68	58	119	115
马威	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	360	73	53	118	116
陈树林	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	359	67	61	132	99
柴柏新	合肥工业大学	材料加工工程	359	72	58	126	103
杨尧	哈尔滨工业大学	材料工程	359	75	51	122	111
贾雪	佳木斯大学	材料工程	358	70	49	137	102
苗信诚	河北工业大学	材料物理与化学	358	69	52	119	118



陈倩倩	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	358	74	56	109	119
孙思雨	哈尔滨工业大学	材料工程	358	77	60	107	114
张慧	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	357	68	49	140	100
周振星	哈尔滨工业大学	材料工程	357	62	64	134	97
狄忠举	哈尔滨工业大学	材料工程	357	72	48	134	103
夏栋林	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	357	70	60	118	109
白英玮	黑龙江大学	材料学	357	67	52	99	139
杨玉森	哈尔滨理工大学	材料学	357	69	63	96	129
袁皓	哈尔滨工业大学	材料工程	356	64	60	144	88
闫强强	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	356	65	51	141	99
郭钰	河海大学	材料工程	356	64	54	136	102
王茂昌	哈尔滨工业大学	材料工程	356	69	63	131	93
高洪伟	烟台大学	材料学	356	66	56	125	109
杨锦程	哈尔滨工业大学	材料工程	356	72	56	124	104
耿芳芳	华北水利水电大学	材料工程	356	68	55	123	110
焦旺	哈尔滨工业大学	材料学	355	62	62	139	92
彭勇	安徽工程大学	材料工程	355	74	53	131	97
易云静	哈尔滨工业大学	材料工程	355	65	56	128	106
周启航	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	355	74	51	125	105
康议蒙	哈尔滨工业大学	材料学	355	71	55	111	118
邓梦君	武汉工程大学	材料学	354	64	51	140	99
孟昭圳	中南大学	材料工程	354	60	58	132	104
王雪	哈尔滨工业大	材料工程	354	67	49	131	107



	学(威海)						
王晓东	烟台大学	材料学	354	67	49	107	131
殷星河	上海大学	材料加工工程	353	67	48	131	107
李亮亮	哈尔滨理工大学	材料工程	353	72	47	121	113
方骁	燕山大学	材料工程	353	67	61	121	104
孙健	燕山大学	材料学	353	69	53	108	123
姜明	牡丹江师范学院	材料学	353	56	53	107	137
卢罕	合肥工业大学	材料加工工程	352	70	58	129	95
邵志平	东北林业大学	材料工程	352	73	48	113	118
吴淑程	哈尔滨工业大学	材料物理与化学	352	68	52	107	125
史玉童	哈尔滨工业大学(威海)	材料学	352	73	66	100	113
龚剑	哈尔滨工业大学	材料工程	351	57	61	125	108
吴萌	哈尔滨工业大学(威海)	材料加工工程	350	74	52	135	89
石亚超	燕山大学	材料学	350	68	55	120	107
刘廷	济南大学	材料学	350	63	56	113	118
符逸	长安大学	材料加工工程	350	77	60	108	105
郭志飞	吉林建筑大学	材料工程	349	63	59	120	107
黄煜华	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	349	66	46	118	119
范思雨	北京化工大学	材料学	349	62	49	110	128
彭鹏	哈尔滨工业大学	材料工程	348	66	52	134	96
魏峰	兰州理工大学技术工程学院	材料加工工程	348	68	66	106	108
张丹	哈尔滨工业大学(威海)	材料学	348	75	60	103	110
李策	华东理工大学	材料学	348	65	56	102	125
陈坤	哈尔滨工业大学	材料工程	347	76	52	124	95



李欣	哈尔滨理工大学	材料学	347	63	51	117	116
武国栋	安徽工业大学	材料工程	347	68	51	111	117
谢传成	河南科技大学	材料加工工程	346	68	52	135	91
张心培	哈尔滨工业大学	材料学	346	64	58	130	94
杨文宏	淮阴工学院	材料加工工程	346	67	52	118	109
邵长安	哈尔滨工业大学(威海)	材料加工工程	346	73	57	112	104
白赟	哈尔滨工业大学	材料学	346	72	61	109	104
朱之飞	南昌大学	材料加工工程	345	60	56	129	100
张诗东	安徽工程大学	材料工程	345	72	56	119	98
左春艳	黑龙江科技学院	空间材料与加工	345	62	48	115	120
于真鹤	哈尔滨工业大学	材料学	345	67	63	108	107
关贺聲	哈尔滨工业大学(威海)	材料加工工程	344	61	49	139	95
张坤	昆明理工大学	材料学	344	57	60	128	99
刘南嘉	燕山大学	材料学	344	57	55	112	120
朱善璋	哈尔滨工业大学(威海)	材料学	344	74	65	109	96
韩玉芳	齐齐哈尔大学	材料学	344	76	45	109	114
肖星亮	中国矿业大学(徐州)	材料工程	344	67	59	103	115
张晓青	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	343	69	47	129	98
刘宇	青海民族大学	空间材料与加工	343	75	50	112	106
王泽江	东北大学	材料学	343	63	61	108	111
袁雄	武汉科技大学	材料加工工程	342	70	46	130	96
徐彦强	吉林大学	材料学	342	64	49	129	100
武佳男	武汉理工大学	材料学	342	61	49	115	117
姚佳伟	燕山大学	材料工程	342	68	47	106	121



徐智超	哈尔滨理工大学	空间材料与加工	341	66	51	136	88
袁野	哈尔滨理工大学	材料加工工程	341	67	53	125	96
刘昆	哈尔滨工业大学	材料工程	341	67	47	121	106
颜世江	沈阳工业大学	材料加工工程	341	70	45	120	106
牛超楠	黑龙江工程学院	材料加工工程	341	67	55	114	105
王茂森	荆楚理工学院	材料加工工程	341	71	63	113	94
陈东至	天津理工大学	材料物理与化学	341	71	59	107	104
施玉红	哈尔滨理工大学	材料工程	340	68	45	136	91
李善	淮阴工学院	材料加工工程	340	67	46	128	99
卞梦军	哈尔滨工业大学	空间材料与加工	340	77	50	121	92
田勇	哈尔滨理工大学	材料工程	340	68	46	118	108
刘景和	南昌航空大学	材料加工工程	340	62	64	115	99
邢霄	哈尔滨工业大学(威海)	材料加工工程	340	72	60	112	96
余彦荣	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	339	67	55	123	94
陆炜杰	陕西师范大学	信息功能材料与器件	339	68	48	114	109
白光宇	吉林大学	材料工程	339	68	59	111	101
俞昆	哈尔滨工业大学	材料工程	339	73	63	105	98
赵超	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	338	68	49	127	94
吴莲子	南昌航空大学	材料工程	338	71	63	111	93
唐亦帑	哈尔滨工业大学	材料加工工程	338	69	63	108	98
龚一夫	哈尔滨工业大学	材料物理与	338	70	57	100	111



	学	化学					
孙亚汝	哈尔滨工业大学	材料加工工程	337	65	49	121	102
刘伟	哈尔滨工业大学(威海)	材料学	337	75	52	110	100
吴昊	哈尔滨工业大学	材料工程	336	65	47	119	105
樊媛媛	哈尔滨工业大学(威海)	空间材料与加工	335	62	52	123	98
贾勇	黑龙江工程学院	材料加工工程	335	75	52	106	102
孙思博	西南交通大学	材料工程	335	76	49	103	107
龙春	湖南理工学院	材料加工工程	334	59	45	126	104
吕兰芬	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	334	73	54	125	82
刘葛	聊城大学	材料学	334	77	47	116	94
张梦琦	山东科技大学	材料工程	334	67	47	108	112
黄丽玲	福州大学	材料学	334	62	61	104	107
刘芳	哈尔滨理工大学	材料工程	333	71	58	101	103
肖卓勇	武汉大学	材料加工工程	333	69	57	99	108
包潘飞	河南科技大学	材料学	332	70	54	122	86
唐迎春	哈尔滨理工大学	材料工程	332	66	51	120	95
杜丹丹	哈尔滨理工大学	材料加工工程	331	62	53	105	111
陈树明	内蒙古科技大学	材料加工工程	331	69	59	101	102
刘宇环	太原科技大学	材料加工工程	330	69	55	118	88
赵磊磊	合肥工业大学	材料工程	330	73	51	100	106
张琦文	湖北汽车工业学院	材料工程	330	75	54	96	105
马良	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	329	70	50	115	94
崔雷	东北大学	材料工程	329	65	61	109	94
杨超	哈尔滨工业大	材料工程	329	70	50	103	106



	学(威海)						
丁科迪	河北科技大学	材料工程	328	71	49	121	87
吴波	江汉大学	材料学	328	73	56	110	89
郭涛	哈尔滨工业大学	材料学	328	72	55	97	104
郑志超	南京工业大学	材料学	328	67	54	92	115
吴争光	江西理工大学	材料工程	327	58	56	129	84
赵晓然	广西民族大学	材料加工工程	327	63	53	111	100
顾华	长春工程学院	材料工程	327	69	55	105	98
胡形成	哈尔滨理工大学	材料学	327	67	52	84	124
雷淑贵	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	326	68	59	105	94
谷晨辉	燕山大学	材料加工工程	326	67	51	100	108
王龙飞	聊城大学	材料学	326	64	45	100	117
吴海刚	湘潭大学	信息功能材料与器件	326	69	45	98	114
陈雨彤	哈尔滨工业大学	材料学	326	64	48	93	121
贾旭东	哈尔滨工业大学	材料加工工程	326	63	60	93	110
白贵超	哈尔滨工业大学	材料工程	325	74	50	118	83
赵乐平	吉林大学	材料工程	325	64	56	110	95
李增荣	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	325	69	49	99	108
杨天龙	哈尔滨理工大学	材料学	325	64	47	84	130
于海洋	哈尔滨工业大学	材料加工工程	324	69	46	129	80
张鹏	哈尔滨工业大学(威海)	材料工程	324	71	57	106	90
许国敬	哈尔滨理工大学	材料学	323	70	45	120	88
王洪扬	四川大学	材料学	323	78	52	111	82
杜延延	齐鲁工业大学	材料加工工程	323	72	58	100	93



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

李广喆	吉林大学	材料工程	322	64	58	110	90
王森	哈尔滨工业大学	材料加工工程	322	71	60	102	89
王帆	东北大学	材料工程	322	68	62	90	102
肖磊芳	哈尔滨工业大学	材料物理与化学	322	63	66	82	111
张美宏	哈尔滨工业大学	材料工程	321	67	55	104	95
魏庆晶	哈尔滨理工大学	材料工程	321	74	59	95	93
郎彩丽	燕山大学	材料学	321	67	47	83	124
于莹	军械工程学院	材料加工工程	80	80	136	98	394



材料人
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

声明

本复习参考书为材料人网考研学院出品，版权归材料人网考研学院所有，任何单位、个人均不得在未取得材料人网书面同意情况下复制、出售此书，违者将追究法律责任。材料人考研学院从 14 年 10 月份实行改革，推行辅导员制度和资料共享计划，所有整理的资料一律免费。在此非常感谢热心的辅导员，更加规范的把一届帮助一届的精神传递下去。读者通过非指定销售途径购买此书，出现任何问题均与材料人网考研学院无关。

本声明最终解释权归材料人网考研学院所有。

网址: <http://www.cailiaoren.com/kaoyan/>

邮箱: xueyuan@cailiaoren.com

考研学院使用手册: <http://www.cailiaoren.com/article-3021-1.html> (手册里提到了怎么注册材料人网怎么获得人品等问题)

2015 年 4 月 19 日

材料人考研学院