

上大材料考研真题QQ1521577416

目录

[第一章要求](#)

[第一章第一节](#)

[第一章第二节](#)

[第一章第三节](#)

[第一章第四节](#)

[第二章要求](#)

[第二章第一次](#)

[第二章第二次](#)

[第二章第三次](#)

[第二章第四次](#)

[第三章要求](#)

[第三章第一次](#)

[第三章第二次](#)

[第三章第三次](#)

[第三章第四次](#)

[第三章第五次](#)

[第三章第六次](#)

[注意](#)

[第七章要求](#)

[第七章第一次](#)

[第七章第二次](#)

[第七章第三次](#)

[第八章要求](#)

[第八章第一次](#)

[第八章第二次](#)

[第四章要求](#)

[第四章第一次](#)

[第四章第二次](#)

[第四章第三次](#)

[第五章要求](#)

[第五章第一次](#)

[第五章第二次](#)

[第五章第三次](#)

[第五章第四次](#)

[第五章第五次](#)

上大材料考研真题QQ1521577416

第一章（一）内容及习题

引言

金属由于其性能的多样性，而被人们广泛的应用。金属的性能由其成分、结构所决定。成分、结构、性能之间的关系，以及它们的变化规律，构成了本课程的基础。金属（或非金属）在固态通常是晶体，故金属的结构通常被称为金属的晶体结构。第一章介绍的是学习和研究晶体结构所需要掌握的一些基本知识——晶体学基础。

本节课要求

- 1 要求掌握“晶体与非晶体、晶体结构与空间点阵、晶胞与原胞、晶系、布拉菲点阵、点阵常数”概念，理解布拉菲点阵的唯一性。
- 2 看完第一节，并完成习题 1~3。

习题

- 1 描述晶体与非晶体的区别，从结构、性能等方面。
- 2 何谓空间点阵，简述晶体结构与空间点阵的区别。
- 3 对于图 1-4 (n) 的面心立方点阵，如果在该点阵的上下两个底面的面中心各添加一个阵点，请问，新的结构是属于 14 种空间点阵的哪一种。

([返回](#)目录)

第一章（二）内容及习题

引言

晶体的特征在于构成晶体的原子的排列呈现三维周期结构。在材料中，金属与陶瓷通常是晶体，即使高分子或生物材料也有相应的晶体状态。所以，对材料学家来说，了解和掌握晶体结构的基本概念是十分重要的。

19 世纪出现了布拉菲的空间点阵学说，当时它仅是一个合理的猜想，其正确性到 1912 年才被劳厄等人的 X 射线衍射实验所证实。以后，大量的研究探明了成千上万的晶体结构，肯定了晶体的周期性质。现在用高分辨电子显微镜和扫描隧道显微镜等已能直接显示原子的周期排列图像。

空间点阵体现了晶体的平移对称性，即：点阵经平移后，可以获得完全的重复。晶胞是构成空间点阵的较小体积单元，通常为一个小的平行六面体。晶胞全面反映了点阵（晶体结构）的平移对称性或周期性。如果知道了晶胞的大小和形状，并且知道了晶胞内各阵点的坐标，也就确定了晶体结构。

在研究晶体结构时，并不需要了解晶胞（或晶体）内各阵点的坐标，只需要了解阵点之

上大材料考研真题QQ1521577416

间的相对位置，即阵点之间的几何关系，晶面指数和晶向指数就反映了点阵中阵点之间的几何关系。

本节课要求

1 掌握晶面指数、晶向指数的概念及其确定，掌握晶面与晶向平行或垂直，理解晶面族，晶向族。

2 看完第二节，并完成习题 4~6。

习题

4 在简单立方晶系中，(1) 作图表示下述的晶面和晶向；(2) 判断其中哪些晶面与晶向是垂直的，哪些是平行的，并指出垂直或平行的条件。

$(111), (011), (201), [111], [110], [11\bar{2}]$

5 请写出简单立方晶系中 $\{111\}$ 的等价晶面， $\langle 110 \rangle$ 的等价晶向。并在图中画出。

6 试在六方晶系的晶胞上画出 $(10\bar{1}2)$ 晶面、 $[11\bar{2}0]$ 和 $[\bar{1}101]$ 晶向。

第一章第三节内容及习题

引言

在研究晶体结构时，并不需要了解晶胞（或晶体）内各阵点的坐标，只需要了解阵点之间的相对位置，即阵点之间的几何关系，晶面指数和晶向指数就反映了点阵中阵点之间的几何关系。

晶面指数表示的是一组平行的晶面，每个晶面的原子（阵点）排列情况都是相同的，晶面与晶面之间的距离都为 d ，称为晶面间距。晶向指数表示的是一组平行的方向。

在对六方晶系的晶面、晶向指数进行操作时，要注意：若已知指数要求作图，则先要将四指数换算成三指数，再以三指数进行作图；若由图求指数，则先要在图中读出三指数，然后再换算成四指数。

绝大多数金属具有简单的结构，用 A1（面心立方）、A2（体心立方）和 A3（密排六方）结构。若将原子或点阵看成是硬的小球，则可以用硬球的堆积来反映相应的结构。

本节课要求

1 掌握面心立方、体心立方、密排六方晶胞结构，掌握原子数、配位数、紧密系数、间隙的概念，理解和定性分析间隙种类，间隙大小（定性），间隙位置

2 学习第三节，并完成习题 7~8。

习题

上大材料考研真题QQ1521577416

4 在简单立方晶系中，(1) 作图表示下述的晶面和晶向；(2) 判断其中哪些晶面与晶向是垂直的，哪些是平行的，并指出垂直或平行的条件。

$(111), (011), (201), [111], [110], [11\bar{2}]$

5 请写出简单立方晶系中 $\{111\}$ 的等价晶面， $\langle 110 \rangle$ 的等价晶向。并在图中画出。

6 试在六方晶系的晶胞上画出 $(10\bar{1}2)$ 晶面、 $[11\bar{2}0]$ 和 $[\bar{1}101]$ 晶向。

7、分别对面心立方 A1 和体心立方 A2 的 (100)、(110)、(111) 面，请问：

(1) 计算上述晶面的紧密系数，指出最紧密排列的晶面（注：面的紧密系数 = 晶面中实占的原子面积 / 晶面面积）。

(2) 画出上述晶面的原子排列方式。

8、分别对面心立方 A1 和体心立方 A2 的 $[100]$ 、 $[110]$ 、 $[111]$ 晶向，请计算上述晶向中相邻两个阵点之间的距离（若点阵常数为 a ），指出最紧密排列的晶向。（[返回目录](#)）

第一章第四节内容及习题

引言

绝大多数金属具有简单的结构，用 A1（面心立方）、A2（体心立方）和 A3（密排六方）表示。若将原子或点阵看成是硬的小球，则可以用硬球的堆积来反映晶体的结构。如：面心立方，就可以看成是由 (100) 晶面顺序堆积而成的，也可以看成是由 (110) 晶面或 (111) 晶面顺序堆积而成的。同样，其它的结构也都可以看出是由某一晶面顺序堆积而成的。由此，可以了解和分析晶体的结构

本节课要求

- 1 掌握面心立方和密排六方的堆积方式，及其它们之间的差异；理解堆积层错的概念。
- 2 学习第四节，并完成习题 9、10、11。

习题

9、铁有两种结构，分别为体心立方 A2（称为 α -Fe 或铁素体）和面心立方 A1（称为 γ -Fe 或奥氏体），铁的原子半径分别为 0.127nm，问：(1) 哪种结构更致密。(2) 两种结构中，四面体间隙和八面体间隙中可以容纳的原子的最大半径是多少？(3) 碳原子的半径为 0.077nm，当碳原子进入上述结构的间隙时，铁的结构会发生怎样的变化？

10 由表 1-3 可见，A1（面心立方）和 A3（密排六方）结构具有相同的紧密系数，为 0.7404。数学家曾经证明，若将相同直径的硬球，在空间进行堆积，其最大的紧密系数就是 0.7404。

上大材料考研真题QQ1521577416

所以，A1 和 A3 结构都是最紧密堆积的结构。

问题（1）请指出 A1 和 A3 堆积结构的差异。（提示：请先分析 A1 以（111）晶面进行的堆积，A3 以（0001）晶面进行的堆积，再讨论两者之间的差异。）

问题（2）请指出，A1 结构经过怎样的变化，可以变成 A3 结构。

11 铜为面心立方结构，X 射线衍射测定 $a=0.3615\text{nm}$ ，（1）按刚球密堆模型计算最近邻原子中心距离是多少？以任一原子为中心，这样距离的原子数目是多少？（2）原子密排面和密排方向是什么？（3）原子密排面 $\{hkl\}$ 和密排方向 $\langle uvw \rangle$ 组成的 $\{hkl\}\langle uvw \rangle$ （注意： $[uvw]$ 须位于 (hkl) 面上）共有多少组？

[\(返回目录\)](#)

第一章要求掌握的内容

第一节 晶体与非晶体，晶体结构与空间点阵，晶胞与原胞，晶系，布拉菲点阵，点阵常数。

第二节 晶面指数、晶向指数的确定，晶面族，晶向族，晶带轴，晶面与晶向平行或垂直。

第三节 面心立方、体心立方、密排六方晶胞结构，原子数，配位数，紧密系数，间隙种类，间隙大小（定性），间隙位置，

第四节 面心立方和密排六方的堆垛方式，堆垛层错

[\(返回目录\)](#)

第二章主要内容

第二节 波尔理论和波动力学理论对原子核外电子的运动轨道的描述。波粒两相性的基本方程。

第三节 五种结合键的特点

第四节 结合键与晶体结构

第五节 合金，合金系，合金相结构分类

第六节 影响相结构因素，

第七节 固溶体，置换固溶体，间隙固溶体，有限固溶体，无限固溶体，有序固溶体，无序固溶体，端部固溶体，中间固溶体

第八节 离子化合物的结构类型和特点

第九节 硅酸盐结构的一般特点

[\(返回目录\)](#)

第二章第一次内容及习题

提示

我们可以从不同的学科侧面来观察材料的结构问题。在第一章中，从晶体学的侧面分析了材料的结构，也就是分析了原子的排列（或堆垛）方式、及其规律性。在分析的过程中，不涉及到单个原子的种类和性质。实际上，原子的排列（或堆垛）是依赖于原子之间的键合

上大材料考研真题QQ1521577416

而实现的，而不同的键合方式是由原子的核外电子分布及其性质所决定的。这是从化学的侧面来分析材料的结构，也是第二章的内容。

本节课的要求

- 1 掌握波尔理论和波动力学理论对原子核外电子的运动轨道的描述。掌握波粒两相性的基本方程。掌握离子键、共价键、金属键、分子键和氢键的概念，理解结合键与电子分布的关系，理解形成离子键、共价键、金属键、分子键和氢键时键合作作用力的来源
- 2 学习完第二章的第一、二、三节，完成习题 1~3。

习题

- 1 简述波尔理论和波动力学理论分别是如何描述原子核外电子的运动轨道。
- 2 粒子具有波粒二象性，请计算下列粒子的波长。
A, 质量为 20g, 速度为 1000m/s 的子弹;
B, 质量为 10^{-15} kg, 速度为 0.01m/s 的尘埃;
C, 质量为 9.1×10^{-31} kg, 速度为 10^6 m/s 的电子。
- 3 何谓结合键；简述离子键、共价键、金属键、分子键和氢键与电子分布的关系；指出形成离子键、共价键、金属键、分子键和氢键时键合作作用力的来源。

([返回](#)目录)

第二章第二次内容及习题

提示

原子的排列（或堆垛）是依赖于原子之间的键合而实现的，不同的键合方式是由原子的核外电子分布及其性质所决定的。

一个自由、孤立的原子，其电子的实际分布区域是从靠近原子核起一直分布到无限远。由于电子的能级是确定的，根据测不准，其位置是在空间中散布的。通常以电子出现大几率的区域范围作为原子的半径。

电子的具体分布遵循如下原则：泡利不相容原理、能量最低原理、洪德定则。对于多电子的原子，它的化学键中真正起作用的是外壳层电子。但是，过渡、稀土与钢系元素的内壳电子也可能起作用。

本节课的要求

- 1 掌握结合键与晶体结构的关系，掌握合金、合金系、合金相结构的概念，掌握固溶体、化合物的概念和结构特点。
- 2 学习完第二章的第三、四、五节，完成习题 4~6。

习题

- 4 举例说明元素的结构特性是依赖于结合键的，并由此而影响了其性质。（如：石墨的层片状结构是由于碳以共价键结合形成层，层与层以分子键结合，其性质表现为层与层之间易滑移。）指出下述元素的结合键类型和结构类型：铝、硅、砷、碘、 α -Fe、镁。
- 5 何谓合金，简述合金与纯金属的区别。何谓相、单相合金、多相合金。

上大材料考研真题QQ1521577416

6 合金相可以分成哪两类。何谓固溶体，何谓化合物。从晶体结构上讲，纯金属、固溶体、化合物之间有何区别。

([返回目录](#))

第二章第三次内容及习题

提示

金属从结构的角度可以分为纯金属、固溶体和化合物。其中，纯金属由一个组元组成，固溶体和化合物由二个或二个以上的组元组成。固溶体的结构与一个组元（溶剂）的结构相同，化合物的结构与组元的结构都不相同。若固溶体的溶剂为化合物，则这类固溶体称为第二类固溶体，也称为中间固溶体，它的本质是化合物。

本节课的要求

1 掌握影响相结构因素，掌握原子半径、负电性、价电子浓度的概念，掌握置换固溶体、间隙固溶体、有限固溶体、无限固溶体、有序固溶体、无序固溶体、端部固溶体、中间固溶体的概念，理解不同固溶体的结构差异。

2 学习完第二章的第六、七节，完成习题 7~10，课后完成习题 11。

习题

7 请问影响合金相结构的因素主要有哪几个。

8 何谓原子半径、负电性和价电子浓度。

9 固溶体可以分成哪几类，说明各类固溶体之间在结构上的差异。

10 (1) 钢是由铁和碳元素组成的，请问钢是纯金属还是合金。(2) 铁在室温是体心立方，碳（石墨）是六方结构，钢在室温由铁素体和渗碳体组成，其中铁素体是体心立方，铁原子位于阵点，碳原子位于间隙；渗碳体 (Fe_3C) 是正交结构，请问铁素体与渗碳体是固溶体还是化合物，若是固溶体则是哪种固溶体。(3) 钢在室温是单相还是多相。

11 (课后) 说明原子半径、负电性和价电子浓度分别是如何影响合金相结构的。

([返回目录](#))

第二章第四次内容及习题

提示

陶瓷材料是以各种粘土为主要原料，成形后经高温烧制而成的制品。它是人类制得的第一类经化学变化而成的产品，它的出现比金属材料早得多。

陶瓷材料的特点是熔点高、硬度高、化学稳定性高，因此具有耐高温、耐磨损、耐氧化和腐蚀，以及质量轻、弹性模量大、强度高优良性能。

组成陶瓷材料的基本相为：晶相、玻璃相（非晶相）和气相（气孔）。其中，晶相是最主要的组成相。

陶瓷材料是以离子键、共价键以及离子键和共价键的混合键结合在一起的。

离子化合物和硅酸盐是两种重要的陶瓷材料。

本节课的要求

1 理解离子化合物的结构类型和特点，理解硅酸盐结构的一般特点

2 学习完第二章的第八、九节，完成习题 12、13。

习题

12 何谓离子化合物，离子化合物有哪些结构类型，其具体的结构是怎样的。

13 简述硅酸盐结构的基本特点。

上大材料考研真题QQ1521577416

([返回](#)目录)

第三章内容和习题(一)

提示:

晶格的周期性,也称为平移对称性。所谓平移对称性,就是晶格中的点阵经过平移后,可以获得完全的重复。

本节课的要求

- 1 理解理想晶体与缺陷的概念,掌握缺陷的种类。掌握点缺陷的概念及其结构特点,理解空位形成的本质,理解点缺陷对晶体性能的影响。
- 2 学习第三章的第一、二节,完成习题 1~3。

习题

- 1 何谓理想晶体,何谓晶体缺陷
- 2 缺陷可以分为几类?对每一类缺陷说出一种具体的缺陷名称。
- 3 点缺陷的存在,对晶体结构将造成怎样的影响?对晶体的性能将造成怎样的影响?形成点缺陷的驱动力是什么?

([返回](#)目录)

第三章内容和习题(二)

提示:

点缺陷是一种热力学平衡缺陷,也就是说,在一定的温度下,点缺陷的数目是一定的。可以定性地进行分析:从热力学上来说,在一定的温度下,随点缺陷数目增加,晶体结构的畸变增加,导致系统自由能增加。另一方面,随点缺陷数目增加,系统的熵值增加,导致系统的自由能下降。当增加的自由能与下降的自由能相等时,系统达到平衡。显然,这时所对应的点缺陷数目是一定的。所以,从平衡的角度来说,在一定的温度下,点缺陷的数目是一定的。

点缺陷的存在,对晶体结构造成影响,从而对晶体的性能也会造成影响。这又是一个结构与性能之间存在关系的例子。

位错是晶体中最为常见的缺陷之一,它对晶体材料的各种性质都有程度不同的影响,很早就被人们关注和研究,有了比较成熟的理论和大量的实验研究结果,是本章的重点。

本节课的要求

- 1 掌握空位的分类,掌握点缺陷的平衡浓度概念及其计算。掌握位错的分类及其结构特点,掌握柏氏矢量的物理意义及其求法。
- 2 学习第三章的第三节,完成习题 4~7。

习题

- 4 何谓肖脱基空位、弗仑克尔空位、点缺陷的平衡浓度
- 5 已知铁的空位形成能为 104.6kJ/mol 。试问,(1)从 20°C 加热到 850°C ,空位的数目将增加多少倍?(2)若将加热后的铁快速淬冷到 20°C ,这些“额外”的空位会消失吗?
- 6 简述:位错概念是在怎样的情况下被提出的,位错概念的提出首先解决了什么问题。
- 7 位错有哪两种类型,简述它们的几何特点。
- 8 (1)请说明柏氏矢量的物理意义。(2)先在一个简单立方(点阵常数为 a)的二维晶格中画出一个正刃型位错,再用柏氏回路求出正刃型位错的柏氏矢量,并具体写出柏氏矢量的方向和大小。

上大材料考研真题QQ1521577416

(返回目录)

第三章内容和习题 (三)

提示:

人们发现,经塑性变形的晶体的表面存在大量的台阶,提出塑性变形是通过晶体的滑移来实现的,计算了晶体发生整体滑移所需的临界分切应力,发现其值与实测值相差很大,由此提出设想:晶体可能是借助于位错的运动,通过逐步滑移来实现塑性变形的。经计算,位错运动所需的临界分切应力与实测值很接近,从而间接地证明了晶体中可能有位错的存在,直至几十年后,人们通过电子显微镜,才真正证明了位错的存在。

位错的提出,一方面解决了理论强度与实验值的差异,同时也对塑性变形过程提出了见解:当一个位错在切应力的作用下滑移出晶体时,就在晶体的表面出现一个台阶,台阶的宽度就是一个柏矢量。当有许多位错滑移出晶体时,晶体就发生了宏观的塑性变形。

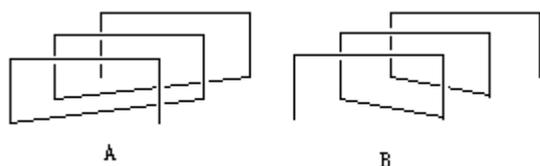
正、负刃型位错的区别是多余半原子面的位置,左、右螺型位错的区别是螺旋方向的不同。位错的本质是原子的畸变区,这一区域的横截面仅有几个原子的尺寸,区域的长度是非常多的原子尺寸,所以为线缺陷。由于位错是原子的畸变区,所以,位错的存在,导致了体系能量的升高。

本节课的要求

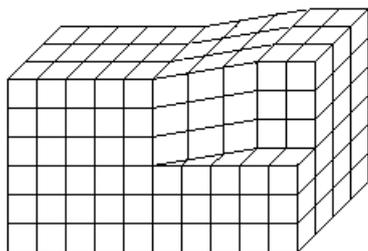
- 1 进一步理解位错的结构特点,进一步理解柏矢量的求法,掌握位错的应变能、线张力的概念及其表示方法,了解用位错的应变能进行位错运动趋势分析的方法。
- 2 先完成上次的习题,再学习第三章的第三、四、五节,其中的第四节从第 15 页开始学习,15 页前的内容,有兴趣的同学自己看。完成习题 9~14。

习题

- 9 判断图 (1) 中螺旋的方向 (是右螺旋还是左螺旋)。

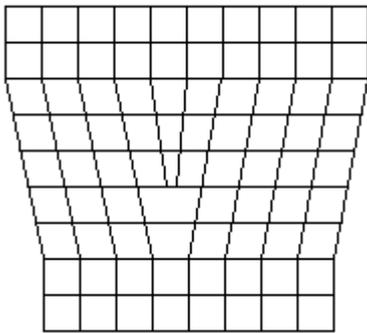


- 10 判断图中为何位错,求图 (2) 中位错的柏矢量 (为简单立方晶胞,点阵常数为 a)。



- 11 求图 (3) 中位错的柏矢量 (为简单立方晶胞,点阵常数为 a)。

上大材料考研真题QQ1521577416



- 12 何谓位错的应变能。位错是热力学平衡缺陷还是不平衡缺陷。
- 13 何谓位错的线张力，其估算值为多少。
- 14 当两个位错相遇时，定性判断：同号位错将如何，异号位错将如何。（课后：请从应变能的角度对此进行判断。）

([返回](#)目录)

第三章内容和习题(四)

提示：

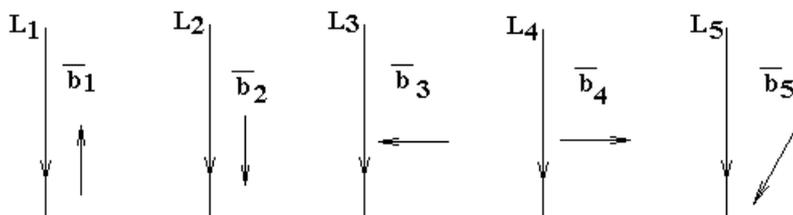
正、负刃型位错的区别是多余半原子面的位置，左、右螺型位错的区别是螺旋方向的不同。位错的本质是原子的畸变区，这一区域的横截面仅有几个原子的尺寸，区域的长度是非常多的原子尺寸，所以为线缺陷。由于位错是原子的畸变区，所以，位错的存在，导致了体系能量的升高。

本节课的要求

- 1 进一步理解位错的结构特点，掌握位错的标注方法，理解位错周围原子的应力状态及其与溶质原子的交互作用。
- 2 再次学习第三章的第四、五节，完成习题 15~18。

习题

- 15 请简要的说明：(1) 位错是一种线缺陷，(2) 缺陷的存在，一般是使体系的能量上升还是下降？使体系处于稳定状态还是非稳定状态？
- 16 请简要说明：(1) 刃型位错周围的原子处于怎样的应力状态（为切应力还是正应力，为拉应力还是压应力）；(2) 若有间隙原子存在，则间隙原子更容易存在于位错周围的哪些位置（可以以图示的方式说明）。
- 17 请判断如下为何种位错：



- 18 在简单立方晶体中，假定有一刃型位错 A，其柏氏矢量为 $b_1 = a[0-10]$ ，沿着 (100) 晶面滑移；假如还有一个螺型位错 B，柏氏矢量为 $b_2 = a[100]$ ，并在 (001) 晶面上滑动，请在三维晶格图中画出位错 A 和 B。

上大材料考研真题QQ1521577416

([返回](#)目录)

第三章内容和习题 (五)

提示

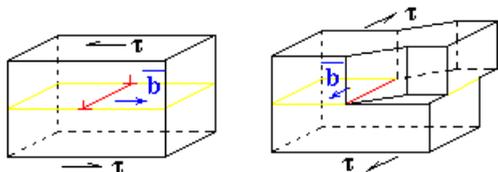
位错在力的作用下会发生运动，位错运动的结果，使晶体发生了塑性变形，而位错运动的难易程度又反映了晶体的强度。

本节课的要求

- 1 掌握位错的运动形式，掌握滑移和攀移的概念，理解刃型位错与螺型位错在运动形式上的差异，了解割阶的概念，掌握位错之间的交互作用。
- 2 学习第三章的第五节，完成习题 19~22。

习题

- 19 位错运动通常具有哪两种形式，它们的区别何在。
- 20 简述刃型位错和螺型位错在运动形式上的差异。
- 21 (1) 请问图示分别是何种位错。(2) 指出位错运动的方向。(3) 作图表示位错在应力的作用下运动出晶体后，晶体所发生的变化。



- 22 在简单立方晶体中，假定有一刃型位错 A，其柏氏矢量为 $b_1=a[0-10]$ ，沿着 (100) 晶面滑移，(a) 请在三维晶格图中画出位错 A。(b) 如果有另一个刃型位错 B，柏氏矢量为 $b_2=a[010]$ 方向，沿着 (001) 晶面上运动，请画出位错 B。(c) 如果位错 B 运动经过位错 A，请问位错 A 将发生什么情况？请作图表示。(d) 如果有一个柏氏矢量为 $b_3=a[100]$ ，并在 (001) 晶面上滑动的螺型位错 C 通过位错 A，首先请画出位错 C。若位错 C 运动经过位错 A，试问位错 A 将发生什么情况？请作图表示。

([返回](#)目录)

第三章内容和习题 (六)

提示

在前面的学习中，我们通过简单立方晶体结构为代表，得到了位错知识和一般讨论。实际金属材料具有面心立方、体心立方和密排六方等结构。在不同的晶体结构中位错的组态和性质是不同的，它们对晶体性能也有不同的影响。

界面是一种面缺陷，如晶体的外表面，在外表面上的原子与内部的原子相比，外表面的原子处于不平衡位置，所以，晶体的外表面是一种缺陷。类似的缺陷还有好几种。

本节课的要求

- 1 掌握位错反应的判断，理解全位错、不全位错、扩展位错的概念，了解弗兰克不全位错和肖克莱不全位错的形成。掌握面缺陷的种类，掌握晶界，亚晶界，相界，共格界，孪晶界的概念。
- 2 学习第三章的第六和七节，完成习题 23~25。

习题

- 23 位错反应的基本条件是什么？指出面心立方 (fcc) 和体心立方 (bcc) 中的特征位错 (以

上大材料考研真题QQ1521577416

最短点阵矢量为柏矢量的位错),并判断第六节中第5页和第14页的位错反应是否可以进行,为什么。

24 何谓全位错、不全位错?说明弗兰克不全位错是如何形成的。

25 指出面缺陷的种类。若将一个包含有许多晶粒的晶体加热,请问,随加热时间的延长或加热温度的提高,这些晶粒将长大还是缩小还是不变?为什么?

([返回](#)目录)

第三章主要内容

第一节 理想晶体与晶体缺陷,缺陷种类

第二节 点缺陷种类,空位形成本质,点缺陷平衡浓度,空位种类,点缺陷对性能的影响

第三节 位错与滑移,螺位错,刃位错,混合位错,柏矢量

第四节 螺位错和刃位错的特征,应变能,线张力,位错线受力

第五节 滑移,攀移,割界,应力集中

第六节 位错反应,全位错,不全位错,扩展位错

第七节 晶界,亚晶界,相界,共格界,孪晶界

([返回](#)目录)

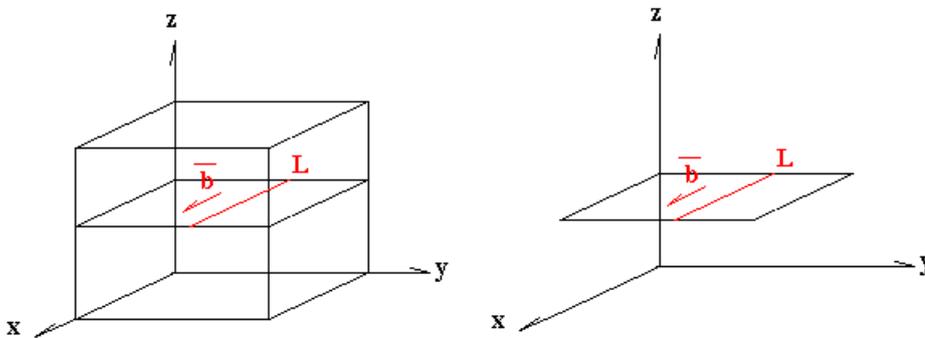
注意 1: 作柏氏矢量时,先要确定一个坐标,然后在有缺陷的晶体中画个柏氏回路,再在理想晶体中依样画个回路,从终点至起点连线即为柏氏矢量,用数学式来表示这个矢量。

注意 2: 在画位错时,通常将位错线与柏氏矢量画在同一个平面上,这个平面一般是滑移面。

如下题:

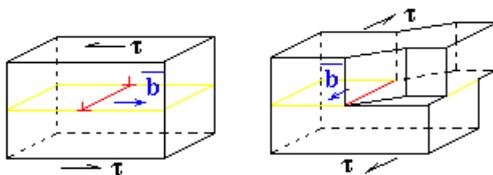
18 在简单立方晶体中,假如有一个螺型位错 B ,柏氏矢量为 $b=a[100]$,并在 (001) 晶面上滑动,请在三维晶格图中画出位错 B 。

下图中的两种画法都是可以的,其中, L 为位错线, b 为柏氏矢量。



注意 3: 位错线正方向的判断: 一般规定,位错线从里到外、从上到下为其正方向

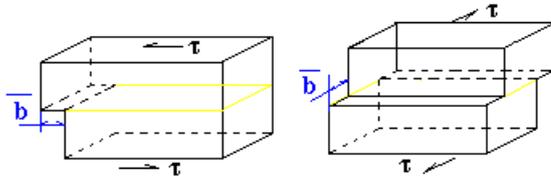
注意 4: 21 (1) 请问图示分别是何种位错。(2) 指出位错运动的方向。(3) 作图表示位错在应力的作用下运动出晶体后,晶体所发生的变化。



为正刃型位错和右螺型位错,图中红线为位错线,位错都将向左运动,位错运动出晶体后晶

上大材料考研真题QQ1521577416

体的变化如下图



([返回](#)目录)

第四章主要内容

第一节 扩散条件

第二节 扩散定律的描述，第二定律在渗碳中的应用，

第三节 换位机制，空位机制，间隙机制， $D = D_0 \exp(-Q/RT)$ 中参数的物理意义，

第四节 柯肯达尔效应描述及其意义

第五节 针对 $D = D_0 \exp(-Q/RT)$ 说明影响扩散的因素

([返回](#)目录)

第四章内容和习题(一)

提示

在液体和气体中很容易感觉到扩散现象，如一滴蓝墨水滴入一杯清水中，逐渐地整杯水都变成蓝色了，这是由于蓝墨水扩散的结果。对于固体，扩散较难被感觉到。但是，扩散对于固体是非常重要的。在学习过程中，可以借助于已经熟悉的液体和气体中的扩散现象来理解固体中的扩散。

扩散过程伴随有浓度的变化，若浓度不随扩散时间而变，则为稳态扩散，此时适用第一定律。用扩散第一定律可以分析相应的扩散过程。若浓度随扩散时间而变，则为非稳态扩散，此时适用第二定律，第二定律的不同解分别对应了不同的适用场合。

本节课要求

- 1 理解固体中的扩散现象及其与原子运动的关系，掌握扩散的条件。理解稳态扩散和非稳态扩散的概念，掌握扩散第一适用的场合及其对相应的扩散过程进行分析的方法。
- 2 学习 1、2 节，完成习题 1~3。

习题

- 1 描述在金属固体中发生扩散时，原子是如何运动的。指出扩散的条件。
- 2 何谓稳态扩散、非稳态扩散，指出第一定律适用的场合。
- 3 有一球壳，内半径为 r_1 ，外半径为 r_2 。在 T 温度保温，有物质从球壳内向球壳外扩散，当扩散达到平衡后，球壳内表面扩散物质的浓度为 C_1 ，外表面的浓度为 C_2 ，并测得在单位时间内从球壳内向球壳外扩散的物质总量为 Q 。设扩散系数为常数。求：

A, 扩散系数。

B, $r=(r_1+r_2)/2$ 处的浓度。

(提示：对第一定律进行定积分)

([返回](#)目录)

上大材料考研真题QQ1521577416

第四章（二）内容和习题

提示

扩散过程通常伴随有浓度的变化，若浓度不随扩散时间而变，则为稳态扩散，此时适用第一定律。用扩散第一定律可以分析相应的扩散过程。若浓度随扩散时间而变，则为非稳态扩散，此时适用第二定律，第二定律的不同解分别对应了不同的适用场合。

扩散的本质是原子的迁移运动，原子如何从一位置移动到二位置，对于置换原子和间隙原子来说是不同的，也就是它们的扩散机制是不同的。

本节课要求

- 1 了解扩散第二定律的描述，掌握扩散第二定律适用的场合及其对相应的扩散过程进行分析的方法。
- 2 掌握几种重要的扩散机制的描述及其适用的对象，
- 3 学习第 2、3 节，完成习题 4~7。

习题

- 4 简述第二定律中的不同解分别适用的场合。
- 5 对于第二节第 15 页上的例子，问：(1) 扩散 7×10^4 s 后，表面、距表面 4 和 $8 \mu\text{m}$ 处的硼浓度分别是多少？

6 钢可以在 870°C 渗碳也可以在 930°C 渗碳，若已知钢在 870°C 渗碳时的扩散系数为 5.2×10^{-12} ，钢在 930°C 渗碳时的扩散系数为 0.98×10^{-11} ，问：在 870°C 渗碳要用多长时间才能获得 930°C 渗碳 10 小时的渗层深度？（渗层深度：在浓度—距离曲线中，某一浓度所对应的离表面的距离。）

(提示：使用扩散第二定律中的误差函数解 4-18 式，因为渗层深度相同，所以 C 、 C_1 、 C_2 、 x 都相等。)

- 7 简述置换原子和间隙原子的扩散机制。

([返回](#)目录)

第四章（三）内容和习题

提示

扩散第二定律的误差函数解适用于渗碳过程，渗碳过程是指：将含碳量小于 0.2% 的铁碳合金，放入含碳量为 1% 左右的富碳气氛中（也可以放入富碳的液体或固体中），加热到 900°C 左右，保温几个或十几个小时后，使合金的表面获得几个或几十个微米厚的含碳量为 1% 左右的富碳层，而心部的含碳量仍然是 0.2%。汽车变速箱中的齿轮通常都经过渗碳处理。利用扩散第二定律可以有效地控制渗碳过程。

柯肯达尔效应的提出，对于认识固体中原子的扩散机制是有重要意义的。

温度、晶体结构和化学成分对扩散有重要的影响。公式： $D = D_0 \exp(-Q/RT)$ 反映了温度 (T)、晶体结构和成分 (D_0 和 Q) 对扩散的影响。

本节课的要求

- 1 掌握扩散系数的概念及其表达式的物理意义。
- 2 掌握柯肯达尔效应的描述，理解柯肯达尔效应的意义。
- 3 掌握温度和晶体结构对扩散的影响。

上大材料考研真题QQ1521577416

4 学习 3、4、5 节，完成习题 8~10。

习题

8 钢可以在 870℃ 渗碳也可以在 930℃ 渗碳，计算钢在 870℃ 和 930℃ 渗碳时，碳在钢（奥氏体）中的扩散系数。已知 $D_0=2.0 \times 10^{-5} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ， $Q=144 \times 10^3 \text{J/mol}$ 。

9 何谓柯肯达尔效应，简述柯肯达尔效应的意义。

10 简述影响扩散的因素（从温度、晶体结构两方面来简述），并对书中 P139 的图 4.15 进行描述和分析。

([返回](#)目录)

第五章要求掌握的内容

第一节，相图，相律，自由度，杠杆定律，相平衡

第二节，匀晶转变，匀晶相图，平衡结晶过程分析，选分（选择）结晶，冷却曲线分析，不平衡结晶，偏析

第三节，共晶转变，共晶相图，亚（过）共晶合金，共晶合金，平衡结晶过程分析，冷却曲线分析，二次析出，平衡相、平衡组织及其相对量计算，不平衡结晶（伪共晶、不平衡共晶、离异共晶），共晶形貌，初晶形貌

第四节，包晶转变，包晶相图，平衡结晶过程分析，冷却曲线分析，平衡相、平衡组织及其相对量计算，包晶转变的应用

第五节，稳定化合物，不稳定化合物，固态转变（同素异晶、共析、包析）

第六节，单相固溶体自由能表达式，固溶体的自由能—成分曲线，混合相自由能表达式，相平衡条件表达式，相平衡的公切线法则，由自由能曲线获得二元相图

第七节，相区接触法则

第八节，力学性能，铸造性能

第九节，Fe-C 合金的相结构（铁素体，奥氏体，渗碳体）及其成分，组织（铁素体，珠光体，莱氏体，一次渗碳体，二次渗碳体，三次渗碳体）及其形貌和成分，平衡结晶过程分析，平衡相、平衡组织及其相对量计算，成分与性能关系

第十节，成分三角形及其成分的标注，成分三角形中的特殊线，直线法则，杠杆定律，重心法则，匀晶相图平衡结晶过程分析（连接线方向、连接线走向），简单共晶相图平衡结晶过程分析，平衡组织相对量计算，四相平衡转变及其相图形式，实际相图分析

第五章总体掌握：

对二元相图：简单二元相图和 Fe-Fe₃C 相图平衡结晶过程分析，平衡相、平衡组织及其相对量计算，平衡组织的形貌描述，Fe-Fe₃C 相图室温平衡组织与性能的关系。

对三元相图：由等温截面、垂直截面、投影图分析匀晶和简单共晶平衡结晶过程，平衡相、平衡组织及其相对量计算，实际三元相图分析。

([返回](#)目录)

第五章（一）内容及习题

引言

本节课提示：

现在开始学习第五，第五章的篇幅较大，在课堂上注意有重点地看，按时完成每节课的作

上大材料考研真题QQ1521577416

业，作业外的内容可在课后看。

相图表示在一定条件下，处于热力学平衡状态的物质系统中平衡相之间关系的图形。又称为平衡图、组成图或状态图。相图中的每一点都反映一定条件下，某一成分的材料在平衡状态下由什么样的相组成，各相的成分与含量分别是多少。

自 J. W. Gibbs (吉布斯) 于 1876 年创建相律后，很多科学工作者应用相律或更加复杂的热力学推导，详细地研究了相图的形态与构筑规律。H. W. Bakhus. Roozeboom 首先把相律应用于合金系统，于 1900 年制成第一幅较完善的铁-碳相图。此后，系统的相图实验研究于 20 世纪初逐步开展。如：1903~1915 年，德国 Tammann 学派发表了许多合金的平衡图。20 世纪 30 年代，由于 X 射线衍射技术在相结构分析方面的应用，极大地推动了相图实测工作的开展。40 年代后，现代实验手段的出现与不断完善，使相图测定，无论从速度还是准确性方面都有明显的提高。至今人们已经积累了大量珍贵的实测相图数据，其中大部分被汇编成册并得到广泛应用。

在相图计算方面，电子计算机与相图热力学相结合，使相图的数值计算取得了长足的进展。20 世纪 70 年代以来，这一学派成功的计算与预测了许多合金、陶瓷、熔盐以及聚合物相图，建立了一系列相图热力学数据库，从而为研究和探索这些材料的相变理论，为新材料设计提供了科学依据。

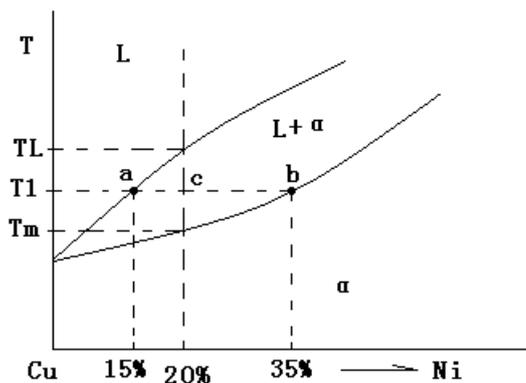
本节课要求

- 1 掌握相图的组成，掌握相律的表示方法及其对平衡的指导意义。掌握匀晶合金的平衡结晶过程分析、平衡相成分分析和利用杠杆定律进行平衡相相对量计算，了解匀晶合金的不平衡结晶过程。
- 2 学习第一、二节，并完成习题 1~4。

习题

- 1 简述相图的组成、作用，具体描述一种制作相图的方法。
- 2 简述相律中各项的含义，应用相律说明在常压下，一元、二元和三元系统中最大的相数各是多少？
- 3 如图是铜镍二元合金相图的一部分，含镍 20% 的合金在温度为 T 时处于平衡状态，问：
(1) 处于几相平衡状态？(2) 由哪几个平衡相组成？(3) 此时的自由度数是几？(4) 分别写出每个平衡相的成分；(5) 计算每个平衡相的相对量。

上大材料考研真题QQ1521577416



- 4 有 1000g 铜镍二元合金，成分为含 Cu=80 wt% (wt%为重量百分比)，问：
- (1) 该合金在何温度开始熔化，何温度开始凝固。与纯铜或纯镍相比，有何差异。
 - (2) 画出该合金的平衡冷却曲线（即步冷曲线）。
 - (3) 若将合金加热至完全熔化后，再极缓慢地冷却至 1150°C 等温，此时合金处于何种状态？（即为单一液相、固液两相还是单一固相？）
 - (4) 若 (3) 的状态为固液两相，请指出此时固相和液相的平衡成分是多少？它们的重量又分别是多少？
 - (5) 若将上述合金继续极缓慢地冷却至室温，请利用相图定性分析固液两相的成分和重量将分别如何变化。
 - (6) 若将合金再加热至完全熔化后，较快地冷却至 1150°C 等温，此时合金将处于何种状态？若仍然处于固液两相，则与 (4) 相比，此时两相的成分和重量将有何差异。

[\(返回目录\)](#)

第五章（二）内容及习题

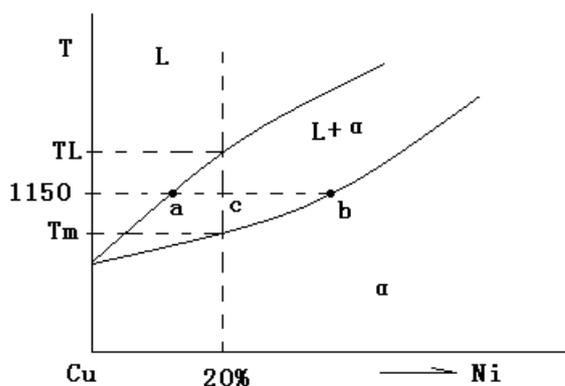
引言

前述内容和作业反馈：

- 1 相图反映了系统中的合金成分、温度与其平衡状态之间的关系。所以，相图反映的是平衡。
- 2 合金的平衡状态指的是合金以怎样的结构存在，也可以称为合金的平衡相。如：(1) 纯铁在室温是以体心立方结构存在，为单相状态，称为 α 相；在 912°C 以上以面心立方结构存在，也是单相，称为 γ 相；在 912°C 时为体心立方和面心立方共存，为 (α + γ) 两相状态。(2) 含铜 80% 的铜镍合金在 1200°C 以上为单相（液相），大约在 1125°C 以下也为单相（固相），在 1200°C ~ 1125°C 之间，为固液两相。

上大材料考研真题QQ1521577416

- 合金的成分是指合金中每个组元的含量，如：其成分为含铜 80%，含镍 20%。
- 合金的平衡成分是指该合金在某一温度下长期放置所具有的成分，由于相图反映了平衡，所以，合金相的平衡成分可以在相图中找到。如：含铜 80% 的铜镍合金，总重量是 1000 克，在 1150°C 处于固液两相平衡，其中，固相的平衡成分为含铜 70% 左右，液相的平衡成分为含铜 85% 左右。
- 平衡相的重量是指每个相的重量，如：含铜 80% 的铜镍合金，总重量是 1000 克，在 1150°C 处于固液两相平衡，固相的重量设定为 x ，则液相的重量为 $(1000-x)$ ，因为固相的平衡成分为含铜 70% 左右，液相的平衡成分为含铜 85% 左右，所以有： $1000 \times 80\% = 70\% \times x + 85\% \times (1000-x)$ ，即可分别求得固液两相的重量。平衡相的重量也符合杠杆定律。
- 在平衡结晶过程中，液相的成分沿着液相线变化，液相的量逐渐减少；固相的成分沿着固相线变化，固相的量逐渐增加。
- 平衡结晶只有在极慢的冷却下才能获得。与平衡结晶相比，在不平衡结晶过程中，在冷却至相同的温度时，固相中含有的高熔点组元的量将增加，而固相的量将下降。
- 如图为铜镍二元合金相图的一部分，含 20% 镍的合金在 1150°C 处于固相和液相混合状态，为两相平衡状态，固相的平衡成分为 b 点的成分，液相的成分为 a 点的成分。
- 相律 $f = c - p + 2$ ， 2 表示的温度和压力，若是常压下，则为 $f = c - p + 1$ 。对于二元合金， $c=2$ ，所以有 $f = 3 - p$ ，当 $f=0$ 时， p 有最大值为 3。就是说二元合金最多可以有三相平衡。 $f = 0$ 的意思是：要维持三相平衡，则平衡相的成分、平衡温度都不能发生变化。如：锡铅二元合金发生共晶转变时，处于三相平衡，此时 $f=0$ ，所以，转变过程中温度一定，平衡相的成分也一定。也就是说，只有含锡 61.9% 的液相才可以发生共晶转变。



本节课提示：

- 匀晶转变是在液相中结晶出一个结构的固相，若在结晶过程中同时结晶出两种不同结构的

上大材料考研真题QQ1521577416

固相，则这种转变叫共晶转变，请思考：在某一温度下，若液相和结晶出的两个固相共存，则此时的自由度为几，说明什么意思？

2 从液相中同时结晶出的两个固相，通常具有特定的组态形貌，用光学显微镜可以观察到它们的组态形貌，称为共晶组织。组织与相是两个不同的概念，组织反映在光学显微镜中可以观察到的组态形貌，相是指结构，即原子排列方式。

3 随着温度的下降，在液相中将结晶出固相。这种从液相中结晶出的固相一般称为一次相。对于某些合金来说，随着温度的下降，在其固相中还会析出另一种不同结构的固相，新析出的固相称为二次相。二次相的结构与其一次相的结构相同，但是，组织通常是不同的。请思考：二次相的形貌通常是怎样的？

本节课要求

1 掌握共晶转变、共晶相图、亚（过）共晶合金、共晶合金、先共晶相、二次析出相、共晶组织、伪共晶、不平衡共晶、离异共晶的概念，掌握具有共晶转变的二元合金的平衡结晶过程分析，平衡相和平衡组织的计算，了解不平衡冷却过程的组织变化规律，了解共晶形貌和初晶形貌的形成规律。

2 学习第三节，并完成习题 5~6。

习题

5 在匀晶转变中，结晶的固相，其成分与合金的成分是否一样？与液相的成分是否一样？若不一样，请指出何种成分的含量提高了（以 Ni-Cu 合金为例）。

6 对于含 Sn19%的 Pb-Sn 合金（图 5-18 中的 C 点成分的合金），请问，

(1) 在平衡结晶过程中有否发生共晶转变？

(2) 请画出平衡冷却曲线，计算平衡冷却至室温时的平衡相和平衡组织的相对量；

(3) 若含 Sn 量小于 19%，其冷却曲线将有怎样的变化？此时的平衡相和平衡组织分别是什么？平衡相和平衡组织的相对量将发生怎样的变化？

(4) 若含 Sn 量大于 19%，如为 50%，其冷却曲线将有怎样的变化？此时的平衡相和平衡组织分别是什么？平衡相和平衡组织的相对量将发生怎样的变化？

(5) 含 Sn19%的 Pb-Sn 合金在不平衡结晶过程中，会发生共晶转变吗？为什么？

([返回](#)目录)

第五章（三）内容及习题

引言

上大材料考研真题QQ1521577416

实验安排:

1 下周三将安排做实验, 全班同学分三批, 第一批(学号: 03120004~03120040)从中午12点开始, 第二批(03120041~03120076)从12点50开始, 第三批从1点40分开始, 请相应的同学准时到实验室, 在金属楼三楼。

2 实验前请预习, 实验时请带好预习报告、铅笔、纸。

3 实验的主要内容为:

(1) 冷变形量对再结晶后晶粒大小的影响; **请思考: 冷变形量对再结晶后晶粒大小是如何影响的?**

(2) 二元合金的平衡组织观测; **请思考: 平衡组织与平衡相的区别?**

实验内容为课件中的第一和第七个实验。在课件使用过程中, 先学习实验原理和实验演示, 然后完成虚拟实验。

4 实验报告要求:

(1) 请使用正式的实验报告用纸;

(2) 实验报告中请包括: 实验目的、实验内容、实验过程、实验结果、分析讨论等部分;

(3) 实验中获得的结果若与真实有差异, 可以进行简单的分析和讨论;

(4) 实验数据可能是比较离散的, 可以画出趋势线进行分析讨论。

(5) 实验报告请于下周二交。

前述反馈:

凝固后在室温获得什么相直接可以从相图中获得, 而室温的组织需要经过分析后才能知道。对于50%Sn的Pb-Sn合金, 室温平衡相为 $\alpha + \beta$ 。室温平衡组织为 $\alpha + B_{II} + (\alpha + \beta)$, 其中, $(\alpha + \beta)$ 为共晶组织, $\alpha + B_{II}$ 为先共晶组织。

计算平衡相的相对量可以直接用杠杆定律: $W(\alpha)\% = (1-0.5)/(1-0.02)$, $W(\beta)\% = (0.50-0.02)/(1-0.02)$ 。

室温平衡组织为 $\alpha + B_{II} + (\alpha + \beta)$, 其中, $(\alpha + \beta)$ 为共晶组织, $\alpha + B_{II}$ 为先共晶组织。共晶组织由O点的液相转变而来, 所以, 共晶组织的相对量就是O点液相的相对量: $W(\alpha + \beta) = W(L_O) = (0.5-0.19)/(0.619-0.19)$ 。 $(\alpha + B_{II})$ 由先共晶 α 相转变而来, 所以, $W(\alpha + B_{II}) = W(\alpha \text{ 先共晶相}) = (0.619-0.5)/(0.619-0.19)$ 。则 $(\alpha + B_{II})$ 中的 α 相对量为: $W(\alpha) = (1-0.19)/(1-0.02) \times W(\alpha \text{ 先共晶相})$, $(\alpha + B_{II})$ 中的 B_{II} 相对量为: $W(B_{II}) = (0.19-0.02)/(1-0.02)$

上大材料考研真题QQ1521577416

$\times W(\alpha)$ 先共晶相)。

本节课提示:

由一个液相和固相同时结晶出另一个固相的转变叫包晶转变,与共晶转变相类似,在包晶转变过程中,处于三相平衡。思考:共晶转变与包晶转变在相图形式上有何差异?

本节课要求

- 1 进一步掌握具有共晶转变的二元合金的平衡结晶过程,掌握平衡相和平衡组织的计算。掌握包晶转变、包晶相图概念,掌握具有包晶转变的二元合金的平衡结晶过程分析,掌握平衡相和平衡组织的计算,了解包晶转变在实际生产中的应用。
- 2 学习第三、四节,并完成习题 5~7。

习题

- 6 当存在共晶转变时,该合金的冷却曲线上会有一个平台,请解释出现平台的原因?(提示:从自由度角度分析)
- 7 对于含 Ag30%的 Ag-Pt 合金(合金的相图在图 5-38),要求:(1)请画出平衡结晶的冷却曲线(2)计算平衡冷却至室温时的平衡相和平衡组织的相对量(3)画出室温组织示意图。
([返回](#)目录)

第五章(四)内容及习题

引言

前述提示:

在相图中,基本的转变类型有:匀晶转变、共晶转变、包晶转变、二次相析出等,若将共晶转变和包晶转变中的液相换为固相,则相应的转变称为共析转变和包析转变。请同学们熟记这些转变的反应式和相图的表示。

本节课提示:

今天学习第六节,“二元相图热力学初步”。可以按照如下思路学习。

1 相图反映的是平衡状态,按照热力学第二定律,在等温等压条件下,系统处于平衡时有 $\Delta G=0$,对于二元合金,按照相率,可以有的状态为:单相、两相平衡、三相平衡。

2 单相平衡:可以有的单相为 α 、 β 、液相,则哪个单相的 G 低,哪个单相就可以稳定存在。

3 二相平衡:可以有的两相平衡为 $(\alpha + \beta)$ 、 $(\alpha + L)$ 、 $(\beta + L)$,此时有共切线法则,

上大材料考研真题QQ1521577416

并应用混合相 G 的求法，混合相 G 最小的可以稳定存在。

4 三相平衡： $\alpha + \beta + L$ ，此时符合共切线法则。

5 若上述各相的自由能 G 已知，则 2~5 的平衡就可以进行预测，所以，关键是求各单相的自由能。

6 单相固溶体 G 的求法：课件的 1~11 页介绍了单相固溶体 G 的求法。

7 在等温等压下，单相固溶体 G 与成分有关（第 12 页）。

8 混合相 G 的求法：第 13、14 页介绍了混合相 G 的求法。

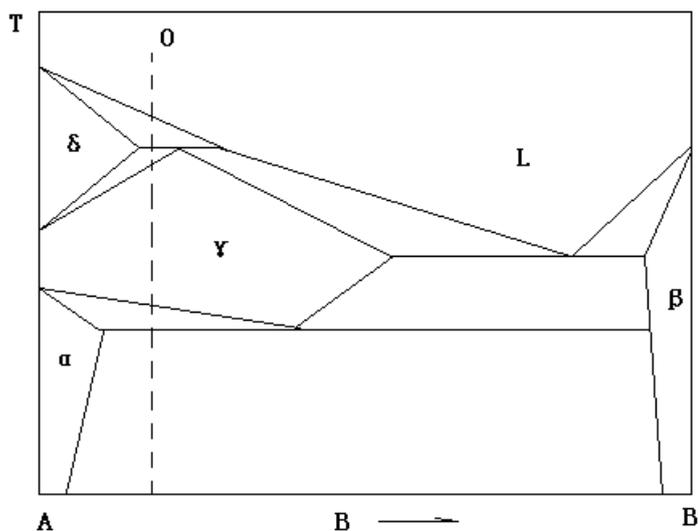
本节课要求

1 定性的掌握单相固溶体自由能的求解方法，掌握单相固溶体自由能表达式，掌握固溶体的自由能—成分曲线形式，掌握混合相自由能表达式，了解相平衡条件表达式，掌握相平衡的公切线法则。

2 学习第六节，并完成习题 8~11。

习题

8 如图是一个假想的二元相图，（1）填相区；（2）请写出图中所有平衡转变的反应式；（3）请画出合金 O 的平衡冷却曲线，在曲线上请标注出相应的平衡相。

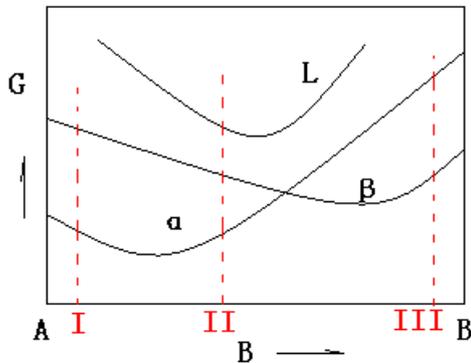


9 请描述求解单相固溶体自由能的方法。

10 请画出金属固溶体的成分—自由能曲线的示意图。

上大材料考研真题QQ1521577416

11 已知二元合金 A-B，如图是温度 T 时的三个单相的成分—自由能曲线示意图，其中 L 是液相，另外两个是固相。问：（1）在此温度时，液相是否可以稳定存在，为什么？（2）分析温度 T 时，成分为 I、II、III 的合金，可以存在的平衡相是什么？合金的自由能是多少。



([返回](#)目录)

第五章（五）内容及习题

引言

实验安排：

1 下周三将安排做实验，全班同学分三批，第一批（学号：03120004~03120040）从中午 12 点开始，第二批（03120041~03120076）从 13 点开始，第三批从 14 点开始，请相应的同学准时到实验室，在金属楼三楼。

2 实验前请预习，实验时请带好预习报告、铅笔、纸。

3 实验的主要内容为：

- （1）冷变形量对再结晶后晶粒大小的影响；**请思考：冷变形量对再结晶后晶粒大小是如何影响的？**
- （2）二元合金的平衡组织观测；**请思考：平衡组织与平衡相的区别？**
- （3）铁碳合金的平衡组织观测

实验内容为课件中的第一、第三和第七个实验。在课件使用过程中，先学习实验原理和实验演示，然后完成虚拟实验。

4 实验报告要求：

- （1）请使用正式的实验报告用纸；
- （2）实验报告中请包括：实验目的、实验内容、实验过程、实验结果、分析讨论等部分；
- （3）实验中获得的结果若与真实有差异，可以进行简单的分析和讨论；

上大材料考研真题QQ1521577416

(4) 实验数据可能是比较离散的，可以画出趋势线进行分析讨论。

(5) 实验报告请于下周二交。

前述提示：

相图热力学初步

1 相图反映的是平衡状态，按照热力学第二定律，在等温等压条件下，系统处于平衡时有 $\Delta G=0$ ，对于二元合金，按照相率，可以有的状态为：单相、两相平衡、三相平衡。

2 单相平衡：可以有的单相为 α 、 β 、液相，则哪个单相的 G 低，哪个单相就可以稳定存在。

3 二相平衡：可以有的两相平衡为 $(\alpha + \beta)$ 、 $(\alpha + L)$ 、 $(\beta + L)$ ，此时有共切线法则，并应用混合相 G 的求法，混合相 G 最小的可以稳定存在。

4 三相平衡： $\alpha + \beta + L$ ，此时符合共切线法则。

5 若上述各相的自由能 G 已知，则 2~5 的平衡就可以进行预测，所以，关键是求各单相的自由能。

节课要求

1 掌握 Fe-C 合金的相结构（铁素体，奥氏体，渗碳体）及其成分，掌握 Fe-C 合金的组织（铁素体，珠光体，莱氏体，一次渗碳体，二次渗碳体，三次渗碳体）及其形貌和成分，掌握 Fe-C 合金的平衡结晶过程分析，平衡相、平衡组织及其相对量计算，了解 Fe-C 合金的成分与性能关系

2 学习第九节，并完成习题 12~14。

习题

12 对于 Pt-Ag 合金，请示意地画出 1100℃ 时的成分-自由能曲线，并分析平衡的情况。

13 指出铁与碳可以组成哪些相结构，哪些组织，写出具体的相结构名称和组织名称。

14 含碳 0.45% 和 3.5% 的铁碳合金分别称为什么合金。分析它们的平衡结晶过程，画出冷却曲线，写出它们的室温平衡相和平衡组织的组成，计算室温平衡相相对量和平衡组织相对量。比较这两种合金的力学性能，并指出造成性能差异的原因。

([返回](#)目录)

第七章掌握和理解的基本内容

第一节 工程应力，工程应变，真实应力，真实应变

第二节 弹性模量，弹性变形特点

上大材料考研真题QQ1521577416

第三节 滑移及其与位错关系，滑移系，面心立方与体心立方的滑移系，临界分切应力与分切应力，取向因子，单滑移，复滑移，交滑移，孪生，常见晶体的孪生要素，孪生的特点，加工硬化

第四节 等强温度，Hall-Petch 公式，细晶强化

第五节 固溶强化，第二相强化，纤维组织，位错胞结构，织构，塑性变形后金属组织和性能的变化

([返回](#)目录)

第六章（一）

引言

1 从今天开始我们学习第六章，第六章主要学习金属的凝固过程及其对凝固后组织（晶粒大小、形貌等）的影响。整章内容包括：纯金属的凝固（2~6节）和合金的凝固（7~9节）。合金与纯金属相比，主要是增加了成分对凝固过程的影响，当在不平衡凝固时，成分的影响尤其重要。

2 所谓凝固，就是从液体中产生固体。通常，固体是晶体，所以，凝固也叫结晶。

3 液体和固体具有不同的结构（指原子排列），所以，从宏观上来看，凝固过程中发生的液体到固体的转变是个突变过程，但是，从微观上来看，这一转变过程却是个渐变过程。

本节课要求：

1 了解液体金属结构的描述，掌握液体金属结构与固体金属结构的差异。掌握过冷、过冷度概念，理解结晶的基本过程。了解凝固过程的热力学条件的描述。

2 掌握均匀形核、非均匀形核、临界形核半径、临界形核功、形核率的概念，掌握均匀形核的热力学推导，理解形核过程的驱动力与阻力的含义，了解非均匀形核的热力学推导。

3 学习第六章第一、二、三、四节，完成习题 1~5。

习题

1 描述液态金属的结构，指出与固态金属结构的差异。

2 何谓过冷。推导过冷的热力学条件。

3 金属凝固过程包括哪两个基本过程。

4 简述均匀形核和非均匀形核过程。

5 指出形核过程的驱动力和阻力分别是什么，比较均匀形核和非均匀形核的临界形核功大小和形核率的大小，说明造成两者差异的原因。

([返回](#)目录)

上大材料考研真题QQ1521577416

第六章（二）

前述基本内容提示：

- 1、液态金属的结构与固态金属的结构有差异，前者的原子排列基本是混乱的，后者基本是规则的。但是，在液态金属中存在着小范围的原子规则排列，称为晶胚，也称为结构起伏。
- 2、随温度下降，晶胚尺寸增加。在一定过冷度时，晶胚尺寸大于临界晶核尺寸，晶胚即成为晶核。此后，晶核的进一步长大将导致体系自由能下降。
- 3、在晶胚成为临界晶核时，体积自由能下降（固相的体积自由能低于液相），此为形核的驱动力。面积自由能增加（新产生的固液界面），此为形核的阻力。在形成临界晶核时，驱动力小于阻力，其差值即为临界形核功。为使体系自由能差小于零，需能量起伏。
- 4、非均匀形核中降低了阻力，导致其过冷度下降，临界形核功下降，形核率提高。

本次内容提示：

- 1、晶体的长大可从宏观和微观两方面分析，宏观长大指晶体长大中液-固界面所具有的形态，微观长大则指原子进入固相晶核表面（液-固界面）的方式。宏观和微观的综合，决定了晶体的形貌。
- 2、宏观长大取决于液相中的温度梯度，在正温度梯度下，以平面方式长大，在负温度梯度下，以树枝方式长大。
- 3、微观长大取决于液-固界面的结构，而液-固界面结构又由界面热力学性质决定。金属一般为粗糙界面，非金属一般为光滑界面。粗糙界面以连续方式长大，光滑界面以二维形核方式和利用缺陷方式长大。
- 4、凝固后晶粒的尺寸由形核率和长大速度决定。对于实际凝固过程，增加冷速和进行孕育处理可以细化晶粒。

本节课要求：

- 1 掌握正（负）温度梯度、平面长大、树枝长大、粗糙界面、光滑界面、连续长大、二维形核长大、利用缺陷长大的概念，理解晶体形貌与温度梯度、界面结构、长大机制之间的关系。
- 2 了解约翰逊-梅尔方程（Johnson-Mehl）的描述，掌握影响凝固后晶粒尺寸的因素，掌握获得细小晶粒的手段。
- 3 学习第六章的第四、五、六节，完成习题 6~8

习题

- 6 何谓正温度梯度和负温度梯度。何谓粗糙界面和光滑界面。
- 7 简述三种长大机制。分析金属和非金属在正或负温度梯度下分别以何种机制长大，及其对固体形貌的影响。
- 8 简述影响金属凝固后晶粒尺寸的因素。在金属凝固过程中，采用哪些措施可以使凝固后的晶粒细小。

（[返回](#)目录）

上大材料考研真题QQ1521577416

第六章（三）

前述基本内容提示：

- 5、晶体的长大可从宏观和微观两方面分析，宏观长大指晶体长大中液-固界面所具有的形态，微观长大则指原子进入固相晶核表面（液-固界面）的方式。宏观和微观的综合，决定了晶体的形貌。
- 6、宏观长大取决于液相中的温度梯度，在正温度梯度下，以平面方式长大，在负温度梯度下，以树枝方式长大。
- 7、微观长大取决于液-固界面的结构，而液-固界面结构又由界面热力学性质决定。金属一般为粗糙界面，非金属一般为光滑界面。粗糙界面以连续方式长大，光滑界面以二维形核方式和利用缺陷方式长大。
- 8、凝固后晶粒的尺寸由形核率和长大速度决定。对于实际凝固过程，增加冷速和进行孕育处理可以细化晶粒。

本次基本内容提示：

本节课学习固溶体在不平衡冷却时的凝固规律。

- 1、固溶体的凝固与纯金属不同，一方面：固溶体凝固是在一个温度范围内完成的，另一方面：先结晶出来的固相成分是偏离液相成分的。所以，固溶体在不平衡凝固时，固相中的原子来不及扩散，凝固后，固相中的成分（即：溶质原子分布）是不均匀的。
- 2、固溶体在不平衡凝固时，认为，在固-液界面附近是平衡的，即界面上的固相成分和液相成分符合平衡（其比值即为平衡分配系数）。凝固后固相中的成分分布（即溶质原子分布）依赖于液相中的状态：（1）若液相是完全混合的，即液相成分总是均匀的；（2）若液相是完全不混合的，即离开界面一定距离后，液相的浓度为合金浓度；（3）若液相部分混合，则介于（1）和（2）之间。

本节课的要求

- 1 掌握平衡分配系数、有效平衡系数概念，理解固溶体凝固与纯金属凝固的差异，理解液相溶质混合状态与固相溶质分布的关系。
- 2 学习第七节，完成习题 9~11。

习题

- 9 固溶体与纯金属的形核相比，除了需要结构起伏、能量起伏外，还需要什么。
- 10 何谓平衡分配系数和有效分配系数。
- 11 固溶体在非平衡凝固过程中，其溶质原子的分布受液态金属状态的影响，请分析是如何影响的。

（[返回](#)目录）

上大材料考研真题QQ1521577416

第六章（四）

前述基本内容提示：

- 9、固溶体的凝固与纯金属不同，一方面：固溶体凝固是在一个温度范围内完成的，另一方面：先结晶出来的固相成分是偏离液相成分的。在不平衡凝固时，固相中的原子来不及扩散，所以，凝固后，固相中的成分（即：溶质原子分布）是不均匀的。表现为：先结晶的富含高熔点组元，后结晶的富含低熔点组元。在平衡凝固时，由于冷却速度很慢，固相中的原子来得及扩散，所以，其成分是均匀的。
- 10、固溶体在不平衡凝固时，认为，在固-液界面附近是平衡的，即界面上的固相成分和液相成分符合平衡（其比值即为平衡分配系数）。凝固后固相中的成分分布（即溶质原子分布）依赖于液相中的状态：（1）若液相是完全混合的，即液相成分总是均匀的；（2）若液相是完全不混合的，此时在界面处的液相中有浓度梯度，远离界面的液相的浓度仍然是合金的原始成分；（3）若液相部分混合，则介于（1）和（2）之间。

本次基本内容提示：

- 1、在固溶体不平衡凝固时，由于液相中的溶质原子分布不均匀，在固液界面附近的液相中富集了低熔点组元，导致此处的熔点变化，进而影响了固液界面附近液相的过冷状态，并有可能使其具有负温度梯度的效果。
- 2、固液界面处液相中的过冷状态的改变，必然会影响到固态的形貌。在前面学习中已知：在正温度梯度下，金属一般以平直界面推移方式长大，形成等轴晶；在负温度梯度下，金属一般以树枝晶方式长大，形成树枝晶。

本节课的要求

- 1 掌握成分过冷的概念，理解成分过冷的形成条件，掌握成分过冷对合金组织的影响。
- 2 学习第七节，完成习题 12~14。

习题

- 12 纯金属凝固为什么需要结构起伏和能量起伏？
- 13 何谓成分过冷，说明形成成分过冷的条件。
- 14 说明成分过冷对合金组织的影响。

[\(返回目录\)](#)

上大材料考研真题QQ1521577416

第六章（五）

前述基本内容提示：

- 11、 在固溶体不平衡凝固时，由于液相中的溶质原子分布不均匀，在固液界面附近的液相中富集了低熔点组元，导致此处的熔点下降，如图 6-40 中的 T_L 所示。若液相中的温度梯度（由散热决定） G 小于图 6-40 中的 $T_D(1)$ ，则在固液界面附近的液相处于过冷状态，这一过冷是由于液相中溶质原子分布不均匀所造成的，故称为成分过冷。发生成分过冷的数学表达式为式（6-60）。
- 12、 在成分过冷处，随着离开固液界面的距离的增加，过冷度是逐渐增大的，这相当于负温度梯度的情况，所以，在成分过冷的情况下，固溶体以树枝晶方式生长。

本次内容提示

- 1、 纯金属及单相合金在铸型中凝固后的固体称为铸锭，典型的铸锭组织包含三个区域，每个区域的晶粒形貌是不相同的，分别为：表面细晶区、中间柱状晶区和中心等轴晶区。每个区域的性能是不同的。
- 2、 改变浇铸条件，可以改变三个区域的分布和晶粒尺寸。由此可以获得不同的铸锭组织和性能。

本节课要求

- 1 掌握铸锭三晶区的概念，了解三晶区的形成规律，掌握影响三晶区形成和影响晶粒尺寸的因素。
- 2 学习第九节，完成习题 15~17。

习题

- 15 说明偏析产生的原因，指出消除偏析的方法。
- 16 为了获得粗大的柱状晶，如何控制凝固条件。为了获得细小的等轴晶，又该如何控制凝固条件。
- 17 固溶体在非平衡凝固过程中，其固相的溶质原子分布受液态金属状态的影响，液态金属可能存在三种状态，分别为完全混合、完全不混合和部分混合，请根据这三种液态情况，来分析凝固后固相中溶质原子的分布。

[\(返回目录\)](#)

上大材料考研真题QQ1521577416

实验通知：

本周四 12 点开始实验，内容：二元、三元、铁碳合金平衡组织观察。

地点：金属楼三楼。

安排：12: 00, 学号为 02120003~02120037 的同学进行实验；

13: 00, 学号为 02120038~02120077 的同学进行实验；

14: 00, 其余的同学进行实验。

要求：预习，实验时带好铅笔、预习报告、记录纸和教材，并提前 5 分钟到实验室。

试卷

十、(1) 说明置换原子和间隙原子分别采用何种扩散机制，并做简单解释；

(2) 已知锌在铜中的扩散系数：在 300°C 时为 $1.4 \times 10^{-17} \text{cm}^2/\text{s}$ ，在 600°C 时为 $8.0 \times 10^{-12} \text{cm}^2/\text{s}$ ，试求锌在铜中扩散的 (1) 激活能 Q 和 (2) 扩散常数 D_0 。(10 分)

1、写出相律表达式，简述相律中各项的含义。应用相律说明在常压下，一元、二元和三元系统中最大的相数各是多少？(8 分)

2、如图 (1) 是 A-B 二元共晶相图，合金 I、合金 II、合金 III 的成分中 B 含量分别为 0%、30%、60%。试求：(30 分)

(1) 请分别画出合金 I、合金 II、合金 III 的平衡结晶的冷却曲线；请在这三个合金的冷却曲线上标出凝固开始和凝固终了的温度；请分析这三个合金在平衡结晶过程中的异同点。

(2) 分别写出三个合金平衡冷却至 20°C 时的平衡相，并计算它们的相对量。

(3) 分别写出三个合金平衡冷却至 20°C 时的平衡组织，并计算它们的相对量。

(4) 对于这三个合金，如果是不平衡冷却，则其室温组织与平衡冷却的室温组织相比有何差异，并作简单的说明。

(5) 如果在合金 I 中含有很少量的 B，为了要提纯合金 I，请问可以怎么做，并用所学原理做简单的说明。

4、图 (2) 是 A-B-C 三元合金的等温截面 (T_1) 和垂直截面，假定 A、B、C 在液态完全互溶，在固态也完全互溶，并且 $T_A > T_1 > T_B > T_C$ ，其中 T_A 、 T_B 、 T_C 分别为组元 A、B、C 的熔点。有合金 O，其成分如图所示。试求：(1) 请写出合金 O 的成分；(2) 分析合金 O 的平衡结晶过程，并画出冷却曲线；(3) 合金在 T_1 时处于固液两相平衡，请判断图中可能的连接线，并计算两平衡相的相对量。(10 分)

5、请指出形核过程的驱动力和阻力分别是什么；比较均匀形核和非均匀形核的临界形核功大小和形核率的大小，说明造成两者差异的原因。(10 分)

四、A-B 二元合金系包含有如下转变：

共晶转变：在 1340°C 时，有 $L(50\% B) == \gamma(55\% B) + \beta(40\% B)$ ；

共析转变：在 1180°C 时，有 $\beta(35\% B) == \alpha(28\% B) + \gamma(58\% B)$ ；

组元 A：熔点 1900°C ，同素异晶转变点为 1800°C ；

组元 B：熔点 1500°C ；

α 相在 700°C 时溶解度为 8%B， γ 相在 700°C 时溶解度为 65%B。

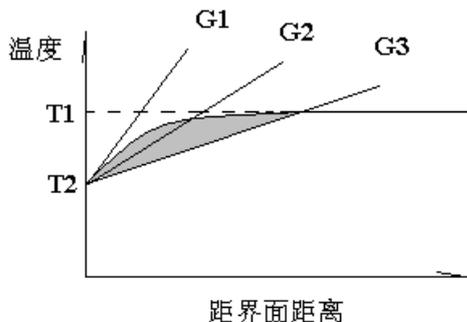
要求：

(1) 示意绘出 A-B 二元合金相图 ($>700^{\circ}\text{C}$)，并注明各相区；

上大材料考研真题QQ1521577416

- (2) 绘出 47%B 合金的平衡冷却曲线；
 (3) 计算 47%B 合金在 700°C 时平衡相组成物的相对量和组织组成物的相对量；
 (20 分)

七、如图是固-液界面前沿液相中不同温度梯度 (G_1, G_2, G_3) 与成分过冷区的关系，请就此论述固溶体晶体的生长形态和成分过冷有何密切关系。(12 分)



八、写出成分过冷的临界条件表达式，并据此分析有利于产生成分过冷的条件。(12 分)

九、列举三种以上细化晶粒的方法，并解释之。(15 分)

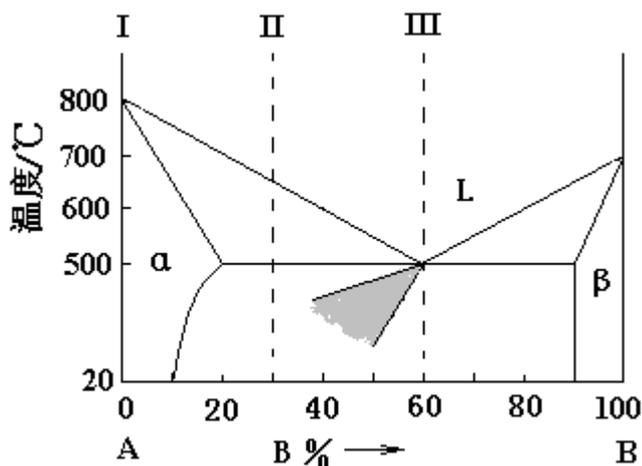
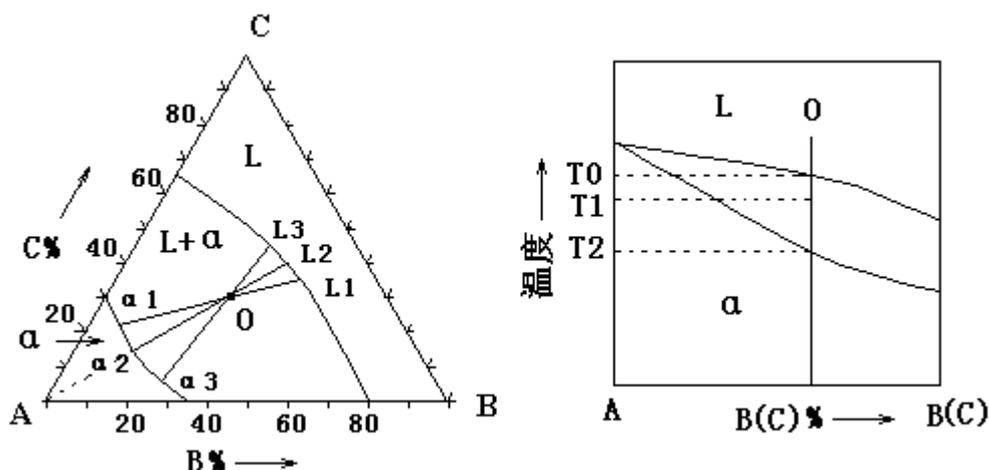


图 (1)



上大材料考研真题QQ1521577416

(图 2)

第七章 (一)

引言

- 1 材料在加工制备过程中,或者制作成零件在工作中都要受到外力的作用,并发生变形。随着外力的增大,材料先后会发生弹性变形、塑性变形和断裂。
- 2 应力—应变曲线反映了材料在变形过程中应力(外加力)和应变(变形)间的关系,所以,应力—应变曲线是研究材料变形特性的重要工具。在应力—应变曲线上还可以获得材料的强度和塑性指标。

本节课要求

- 1 掌握工程应力、工程应变、真实应力、真实应变的概念,了解它们之间的关系。理解应力—应变曲线的含义,掌握屈服强度、抗拉强度、延伸率的概念,掌握弹性模量的概念,了解弹性变形特点。
- 2 学习第一、二节,完成习题 1~4。

习题

- 1 何谓金属的塑性变形和弹性变形,何谓屈服强度、抗拉强度。
- 2 指出工程应力和真实应力、工程应变和真实应变的差异,写出真应力和真应变的计算式。
- 3 金属在塑性变形过程中,随应变的增加,应力将如何变化?
- 4 弹性变形是在正应力还是在切应力作用下发生的?塑性变形呢?

([返回](#)目录)

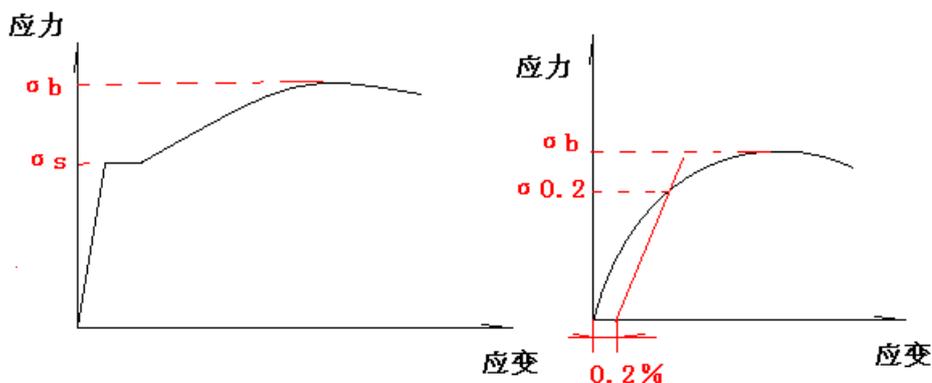
第七章 (二)

引言

一、前述反馈:

当应力超过弹性极限(σ_e),材料就发生塑性变形。工程上通常将开始塑性变形所需的最小应力称为屈服强度,用 σ_s 表示。同样,屈服强度也可以认为是不发生塑变的最大应力。而抗拉强度也被称为强度极限,用 σ_b 表示,表征的是材料在断裂前可以承受的最大(工程)应力。这里提出一个问题:屈服强度和抗拉强度在工程上分别有何重要意义?请同学们思考。

屈服强度和抗拉强度通常是通过测试应力—应变曲线来获得的。对于不同性质的金属材料,主要有如下两种应力应变曲线:



其中,前者曲线中平台对应的强度即为屈服强度,后者曲线中没有平台,则以发生了 0.2%

上大材料考研真题QQ1521577416

残余（工程）应变时对应的应力来表征该材料的屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

在应力—应变曲线中还可以看出，在塑性变形过程中，随着应变的不断增大，应力是不断增大的。这一方面说明，要使塑变不断进行，需要有更大的应力施加在材料上，同时也说明，随着塑变的不断进行，材料的强度不断的提高。由此提出了另一个问题：**为何随着塑变的不断进行，材料的强度会不断的提高？这一现象称为什么？有何重要的工程意义和应用？**

应力—应变曲线从宏观上反映了材料的塑变性能，那么塑变的微观机理是什么？这是本节课要学习的内容。

二、本次内容：

工程上用的材料绝大多数都是多晶体，但多晶体的变形是和其中各个晶粒变形相关的。因此，单晶体的变形是金属变形的的基础。

在常温和低温下，单晶体的塑性变形主要通过滑移方式进行的，此外，还可以通过孪生、扭折等方式进行。

单晶体的滑移，是在一定的晶面上，沿着一定的晶向进行的，并借助于位错运动而实现的。

本节课的要求

- 1 掌握滑移、滑移系、临界分切应力、取向因子的概念，理解滑移与位错的关系、位错运动与强度的关系，了解面心立方与体心立方的滑移系，理解单滑移、复滑移、交滑移的概念。
- 2 掌握孪生的概念，了解常见晶体的孪生要素和孪生的特点。
- 3 掌握加工硬化的概念，理解位错增殖的模型。
- 4 学习第三节，完成习题 5~10。

习题

- 5 简述塑变、滑移、位错运动之间的关系。
- 6 写出面心立方、体心立方金属的主要滑移系。
- 7 何谓临界分切应力，并说明临界分切应力与屈服强度的关系（针对单晶体而言）。
- 8 有一 70MPa 应力作用在 fcc 晶体的[001]方向上，求作用在(111)[10-1]和(111)[-110]滑移系上的分切应力。
- 9（课后）一镁合金的屈服强度为 180MPa，弹性模量为 45GPa，（1）求不至于使一块 10mm × 2mm 的镁板发生塑性变形的最大载荷。（2）求在此载荷下，该镁板每 mm 的伸长量使多少。
- 10（课后）铜单晶圆棒试样的直径为 5mm，滑移面和滑移方向为{111}和<110>，临界分切应力为 0.98N/mm²，试求：（1）若沿[001]方向拉伸，需要多大的外力才能使试样屈服？屈服强度是多少？（2）若沿[111]方向拉伸，则需要多大的外力才能使试样屈服？屈服强度又是多少？（3）请分别写出在上述两种情况下的等效滑移系。

（[返回](#)目录）

第七章（三）

引言

前述提示：

上节课学习了单晶体的塑变过程和特点。

若单晶体受到外加应力 σ ，则该应力在滑移面和滑移方向上的分切应力为 τ ， $\tau = \sigma \times \cos\lambda \times \cos\phi$ ，其中， λ 为外加应力与滑移方向的夹角， ϕ 为外加应力与滑移面法线的夹角。 τ_K 为该滑移系的临界分切应力，其值与原子结构有关。当 $\tau > \tau_K$ ，晶体就沿着滑移系开始滑移，

上大材料考研真题QQ1521577416

即开始发生塑变，此时所对应的外加应力就是屈服强度。

显然，屈服强度与 τ_K 有关， τ_K 越小，屈服强度越低。屈服强度还与 $\cos\lambda \times \cos\phi$ 有关， $\cos\lambda \times \cos\phi$ 被称为取向因子， $\cos\lambda \times \cos\phi$ 值越大，则屈服强度越低，即开始塑变所需的应力越小。有最大 $\cos\lambda \times \cos\phi$ 值的取向称为软取向，反之则为硬取向。

晶体滑移的本质是位错的运动。在外力作用下，位错开始运动。当位错运动至晶体表面，在晶体表面产生了滑移台阶，也就是晶体产生了变形。显然，这是永久变形，即发生了塑变。随着位错不断地运动至晶体表面，晶体不断地发生塑变。实验证明，随着塑变的不断进行，晶体内的位错数目是不断增加的，请同学们思考，**为何随着塑变的进行，晶体内的位错数目是增加的而不是下降的？**

本节课提示：

- 1 实际使用的金属都是多晶体，室温下，多晶体中每个晶粒变形的的基本方式与单晶体是相同的，但是，由于多晶体中相邻晶粒之间取向不同，以及晶界的存在，使得多晶体的变形要受这些因素的影响。
- 2 与纯金属相比，在工程上使用更多的是合金，合金的相结构包括固溶体和化合物，显然，纯金属、固溶体、化合物的变形性质是不同的。
- 3 金属经过塑性变形后，其组织结构和性能将发生变化。

本节课的要求

- 1 理解多晶体的变形特点，了解 Hall-Petch 公式的表述，掌握细晶强化的概念。
- 2 掌握固溶强化、第二相强化的概念，理解细晶强化、固溶强化、第二相强化与位错的关系，掌握纤维组织、位错胞结构、织构的概念，了解塑性变形后金属组织和性能的变化。
- 3 学习第四、第五节，完成习题 10~13。

习题

- 1 何谓金属的塑性变形和弹性变形，何谓屈服强度、抗拉强度。
- 2 指出工程应力和真实应力、工程应变和真实应变的差异，写出真应力和真应变的计算式。
- 3 金属在塑性变形过程中，随应变的增加，应力将如何变化？
- 4 弹性变形是在正应力还是在切应力作用下发生的？塑性变形呢？
- 5 简述塑变、滑移、位错运动之间的关系。
- 6 写出面心立方、体心立方金属的主要滑移系。
- 7 何谓临界分切应力，并说明临界分切应力与屈服强度的关系（针对单晶体而言）。
- 8 有一 70MPa 应力作用在 fcc 晶体的 [001] 方向上，求作用在 (111)[10-1] 和 (111)[-110] 滑移系上的分切应力。
- 9 （课后）一镁合金的屈服强度为 180MPa，弹性模量为 45GPa，（1）求不至于使一块 10mm × 2mm 的镁板发生塑性变形的最大载荷。（2）求在此载荷下，该镁板每 mm 的伸长量使多少。
- 10 （课后）铜单晶圆棒试样的直径为 5mm，滑移面和滑移方向为 {111} 和 <110>，临界分切应力为 0.98N/mm²，试求：（1）若沿 [001] 方向拉伸，需要多大的外力才能使试样屈服？屈服强度是多少？（2）若沿 [111] 方向拉伸，则需要多大的外力才能使试样屈服？屈服强度又是多少？（3）请分别写出在上述两种情况下的等效滑移系。
- 11 简述多晶体塑变与单晶体塑变的差异。
- 12 （1）写出 Hall-Petch 公式，说明公式的意义。（2）已知平均晶粒直径为 1mm 和 0.0625mm 的 α -Fe 的屈服强度分别为 112.7MPa 和 196MPa，问平均晶粒直径为 0.0196mm 的纯铁的屈服强度为多少。

上大材料考研真题QQ1521577416

13 何谓加工硬化、固溶强化、第二相强化、细晶强化，说明它们与位错的关系。

([返回](#)目录)

第八章（一）

引言

金属和合金经塑性变形后，不仅内部的组织结构和性能发生了明显的变化，而且，由于空位、位错等缺陷的数目大大的增加，导致畸变能升高，将使其处于热力学不稳定状态，具有自发恢复到变形前的低自由能状态的趋势。所以，经过冷塑性变形的金属在加热时，将发生组织和性能的变化。了解这些变化过程的发生和发展规律，可以改善和控制金属材料的组织和性能，从而可以更好的使用金属材料。

本节课的要求

- 1 掌握回复、多边化的概念，理解回复过程组织和性能的变化，了解回复的应用。
- 2 掌握再结晶、再结晶温度的概念，了解影响再结晶温度的因素。
- 3 学习第一、第二节，完成习题 1~4。

习题

- 1 说明金属在塑性变形后，其组织和性能将发生怎样的变化。
- 2 请问，经过冷塑性变形后的金属，在加热过程中，所温度的升高，将发生什么过程，各个过程是如何区分的。
- 3 冷塑性变形后的金属，在加热过程中，将发生回复，请问，在回复过程中，金属的组织和性能发生怎样的变化？回复有什么应用？
- 4 何谓再结晶温度，简述影响再结晶温度的因素。

([返回](#)目录)

第八章（二）

引言

金属经过冷塑性变形，由于加工硬化，将使金属的强度、硬度上升，塑性、韧性下降。同时，金属内部的缺陷数目大大增加，使其内能（弹性畸变能）也大大增加，能量下降是一个自发过程，所以，畸变能的下降成为了回复和再结晶的驱动力。伴随着回复、再结晶的进行，其组织结构将发生变化，导致其性能发生变化。请同学们思考：**在生活和生产实践中，是如何利用塑性变形、回复再结晶的。（例如：通常使用的钢丝绳、钢缆，包括大桥的钢索，都是经过冷塑性变形的，利用了加工硬化，使其有高的强度。）**

冷变形晶体在回复过程中性能的变化是一个渐变过程，组织结构没有明显的变化。进一步提高退火温度，当达到某一临界值(严格说应是一个窄的温度范围)，就可以看到组织结构发生了急剧变化，在原变形组织中产生了新的无畸变的晶粒，性能也发生了明显的变化，这个过程称为再结晶。随着退火温度的进一步提高，或退火时间的进一步增加，再结晶后的晶粒也将长大，这一过程称为晶粒长大。

显然，合金的成分、冷变形量、加热温度等因素将影响再结晶后的组织结构，再结晶图就反映了这种关系。再结晶后的组织结构（如：晶粒大小、缺陷数目等）将影响到合金的性能。

本节课的要求

- 1 掌握再结晶后晶粒尺寸与变形量、加热温度的关系，掌握临界变形度的概念，理解再结晶

上大材料考研真题QQ1521577416

的动力学公式。

- 2 掌握再结晶、晶粒长大过程的组织和性能的变化，了解晶粒异常长大的概念。
- 3 掌握动态回复、动态再结晶的概念。
- 4 学习第二、三、四节，完成习题 5~10。

习题

- 5 已知 Cu-30%Zn 合金的再结晶激活能为 250KJ/mol，此合金在 400℃的恒温下完成再结晶需要 1 小时，问：(1) 此合金在 390℃的恒温下完成再结晶需要多少小时？(2) 若希望在 100℃的恒温下完成再结晶，则需要多少时间？
- 6 何谓临界变形量和再结晶晶粒异常长大。请描述变形量和退火温度对再结晶晶粒大小的影响。
- 7 在再结晶和晶粒长大过程中金属的组织 and 性能将发生怎样的变化？
- 8 回复、再结晶、晶粒长大过程的驱动力分别是什么。
- 9 (课后) 某工厂用一冷拉钢丝绳将一大型钢件吊入热处理炉内，由于一时的疏忽，未将钢丝绳取出，而是随同工件一起加热至 860℃，保温时间到了，打开炉门，要吊出工件时，钢丝绳发生了断裂，试分析原因。
- 10 (课后) 工业纯铝在室温下经大变形量轧制成带材后，测得其室温力学性能为冷加工硬化态的性能，已知工业纯铝的再结晶温度为 150℃，但是，若将上述经过冷变形的铝带加热至 100℃，并保温 16 天后冷至室温，再测其强度，发现强度明显下降，请解释其原因。

([返回](#)目录)

第八章掌握和了解的内容

冷塑性变形的金属在加热时组织和性能的变化，回复，再结晶，再结晶温度，再结晶动力学方程，影响再结晶因素，影响晶粒长大的因素

([返回](#)目录)

第一章到第三涨答案

习题及参考答案

(1 因为是参考答案，故可能有错；2 由于时间不够，目前还有些题没有参考答案，近日将补上。)

- 1 描述晶体与非晶体的区别，从结构、性能等方面。

晶体中的原子或原子集团都是有规律地排列的。晶体有一定的凝固点和熔点；晶体具有各向异性。

- 2 何谓空间点阵，简述晶体结构与空间点阵的区别。

晶体中原子或原子集团被抽象为规则排列的几何点，且其沿任一方向上相邻点之间的距离就等于晶体沿该方向的周期。这样的几何点的集合就构成空间点阵（简称点阵），每个几何点称为点阵的结点或阵点。

- 3 在简单立方晶系中，(1) 作图表示下述的晶面和晶向；(2) 判断其中哪些晶面与晶向是垂

上大材料考研真题QQ1521577416

直的，哪些是平行的，并指出垂直或平行的条件。

$(111), (011), (201), [111], [110], [11\bar{2}]$

(111) 与 $[111]$ 垂直， (111) 与 $[11-2]$ 平行， (201) 与 $[11-2]$ 平行。

4 请写出简单立方晶系中 $\{111\}$ 的等价晶面， $\langle 110 \rangle$ 的等价晶向。

$\{111\} = (111) + (11-1) + (1-11) + (-111)$

$\langle 110 \rangle = [110] + [1-10] + [101] + [10-1] + [011] + [01-1]$

5 试在六方晶系的晶胞上画出 $(10\bar{1}2)$ 晶面、 $[11\bar{2}0]$ 和 $[\bar{1}101]$ 晶向。

1 简述波尔理论和波动力学理论分别是如何描述原子核外电子的运动轨道。

波尔理论认为核外电子是在确定的轨道上运动的，符合牛顿定律。波动力学认为电子具有波粒二象性，电子有可能出现在核外的各个位置，只是出现在不同位置的几率不同。

2 粒子具有波粒二象性，请计算下列粒子的波长。

A, 质量为 20g, 速度为 1000m/s 的子弹;

B, 质量为 10^{-15} kg, 速度为 0.01m/s 的尘埃;

C, 质量为 9.1×10^{-31} kg, 速度为 10^6 m/s 的电子。

$\lambda = h/\mu$, $\lambda 1 = 6.62 \times 10^{-34} / [0.02 \times 1000] = 3.2 \times 10^{-35}$ m;

$\lambda 2 = 6.5 \times 10^{-17}$ m; $\lambda 3 = 7.1 \times 10^{-10}$ m。

3 何谓结合键; 简述离子键、共价键、金属键、分子键和氢键与电子分布的关系; 指出形成离子键、共价键、金属键、分子键和氢键时键合作用的来源。

所谓结合键是指由原子结合成分子或固体的方式和结合力的大小。

离子键: 得、失电子形成正负离子, 外层电子结构成为稳定的八电子层结构。正负离子通过静电引力(库仑引力)而结合。

共价键: 相邻原子通过共用一对或几对价电子使各原子的外层电子结构都成为稳定的八电子层(或 $1s^2$)结构,

金属键: 各原子都贡献出其价电子而次外层则为“八电子层”, 形成金属正离子。通过自由电子气与正离子实之间的库仑引力而结合。

分子键: 由共价键结合而成双原子的分子, 外层电子结构成为稳定的八电子层结构。分子间通过形成瞬时电偶极矩, 产生瞬时电场, 而结合。

氢键: 氢原子核与极性分子间的库仑引力

4 举例说明元素的结构特性是依赖于结合键的, 并由此而影响了其性质。(如: 石墨与金刚石、纯铝与氧化铝等。请写出两种对比物质的结构、键合和性能, 再对此作出分析)

上大材料考研真题QQ1521577416

5 请问影响合金相结构的因素主要有哪几个。何谓原子半径、负电性和价电子浓度。

影响合金相结构的主要因素有原子半径、负电性、价电子浓度等。

最近邻原子或离子之间的距离就等于两个原子或离子半径之和。

元素的电负性是表示它在和其他元素形成化合物或固溶体时吸引电子能力的一个参量。

价电子浓度（或简称电子浓度）是指合金中每个原子平均的价电子数。

6 已知下表中一些元素的参数，请判断它们与铜可以如何程度的固溶体？评价标准为：非常高浓度：70~100%，高浓度：30~70%，中等浓度 10~30%，低浓度：1~10%，极低浓度：<1%。

元素	原子半径 nm	晶体结构	负电性	化合价	固溶度评价
铜	0.128	FCC	1.8	+2	
锌	0.133	HCP	1.7	+2	
铅	0.175	FCC	1.6	+2, +4	
硅	0.117	金刚石	1.8	+4	
镍	0.125	FCC	1.8	+2	
铝	0.143	FCC	1.5	+3	
铍	0.114	HCP	1.5	+2	

1 已知下表中一些元素的参数和它们与铜可以形成固溶体的最大固溶度，请分析它们具有不同固溶度的原因。

元素	原子半径 nm	晶体结构	负电性	化合价	与铜的最大固溶度%
铜	0.128	FCC	1.8	+2	
锌	0.133	HCP	1.7	+2	38.3
铅	0.175	FCC	1.6	+2, +4	0.1
硅	0.117	金刚石	1.8	+4	11.2
镍	0.125	FCC	1.8	+2	100
铝	0.143	FCC	1.5	+3	19.6
铍	0.114	HCP	1.5	+2	16.4

2 何谓理想晶体，何谓晶体缺陷，缺陷可以分为哪几类？

由于局部地方格点的破坏导致平移操作无法完整地复制。这样的晶体，我们就称之为含缺陷的晶体，对称性破坏的局部区域称为晶体缺陷。

3 点缺陷的存在，对晶体结构将造成怎样的影响？对晶体的性能将造成怎样的影响？形成点缺陷的驱动力是什么？

点缺陷周围，原子间的相互作用力失去平衡，出现弹性畸变区。

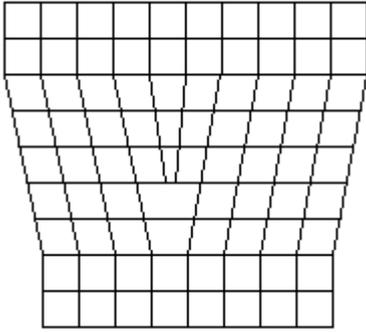
导致电阻上升、密度的减小、比热和机械性能的变化

使原子脱离平衡位置的驱动力，称为形成点缺陷的驱动力，可以是温度、离子轰击、冷加工等等。

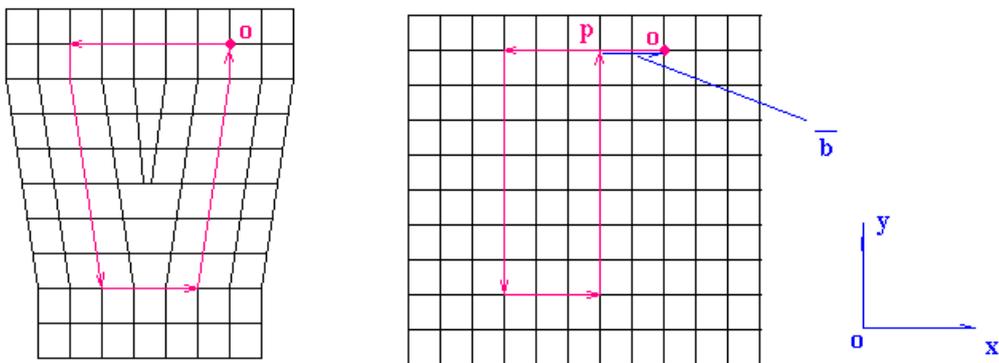
4 对于课件中的表 3-2，已知空位浓度正比于电阻率，请由表中数据求出铁的空位形成能。

5 求下图中位错的柏矢量（为简单立方晶胞，点阵常数为 a ）。

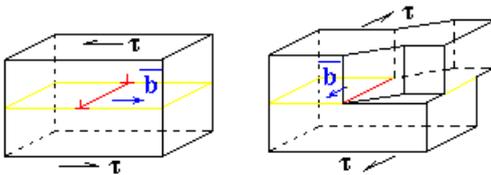
上大材料考研真题QQ1521577416



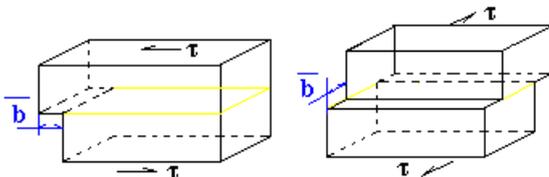
图中 O 为起点，P 为终点，PO 为柏矢量， $b=2a[100]$ 。



6 (1) 请问图示分别是何种位错。(2) 指出位错运动的方向。(3) 作图表示位错在应力的作用下运动出晶体后，晶体所发生的变化。



为刃型位错和右螺型位错，位错都将向左运动，位错运动出晶体后晶体的变化如下图



7 位错反应的基本条件是什么？指出面心立方 (fcc) 和体心立方 (bcc) 中的特征位错 (以最短点阵矢量为柏矢量的位错)，并判断第六节中第 5 页和第 14 页的位错反应是否可以进行，为什么。

位错反应的两个条件：

(1) 几何条件 $\sum b_{前} = \sum b_{后}$ 。

上大材料考研真题QQ1521577416

(2)能量条件 Σb^2 后 < Σb^2 前。

fcc: $b=1/2\langle 110 \rangle$; bcc: $b=1/2\langle 111 \rangle$ 。

可以进行。

对于 P5: Σb 前 = $[100]+[001]=[101]$, Σb 后 = $1/2[111]+1/2[1-11]=[101]=\Sigma b$ 前

Σb^2 前 = $1+1=2$, Σb^2 后 = $1/4\sqrt{3}+1/4\sqrt{3}=1/2\sqrt{3}<\Sigma b^2$ 前

对于 P14: Σb 前 = $1/2[-110]$, Σb 后 = $1/6[-12-1]+1/6[-211]=1/6[-330]=1/2[-110]=\Sigma b$ 前

Σb^2 前 = $1/4\sqrt{2}$, Σb^2 后 = $1/36\sqrt{6}+1/36\sqrt{6}=1/18\sqrt{6}<\Sigma b^2$ 前

8 当两个位错相遇时, 请从应变能的角度判断: 同号位错将如何, 异号位错将如何。

1 何谓金属的塑性变形和弹性变形, 何谓屈服强度、抗拉强度, 如何从应力应变曲线上得到屈服强度和抗拉强度。

晶体在外力作用下会发生变形。当外力较小时, 应力和应变之间满足线性关系, 卸载后变形会随之消失。这种可恢复的变形就称为弹性变形。

当外加应力超过一定值时, 应力和应变之间就不再满足线性关系, 卸载后形变也不能恢复而留下一定大小的永久变形, 这种现象就称为晶体的塑性或范性变形。

开始塑变的最小强度叫屈服强度, 均匀塑变的最大强度叫抗拉强度。

2 指出工程应力和真实应力、工程应变和真实应变的差异, 写出真应力和真应变与工程应力、工程应变的关系式。

工程应力是力除以原始截面积, 工程应变是长度变化除以原始长度; 真实应力是力除以瞬时截面积, 真实应变是长度变化除以瞬时长度。

真实应力和应变的计算式见 7-6 式和 7-7 式。

3 一镁合金的屈服强度为 180MPa, 弹性模量为 45GPa, (1) 求不至于使一块 10mm×2mm 的镁板发生塑性变形的最大载荷。(2) 求在此载荷下, 该镁板每 mm 的伸长量是多少。

(1) 最大载荷 $F=180\text{ (MN/m}^2\text{)}*(10\text{mm}*2\text{mm})=3.6\text{KN}$

(2) 每 mm 的伸长量 = $180/(45*1000)=0.004\text{mm}$

5 简述塑变、滑移、位错运动之间的关系。

塑变的主要方式是滑移, 滑移是由于位错运动而实现的。

6 写出面心立方、体心立方金属的主要滑移系。

面心立方滑移系: $(111)[1-10]$, $(111)[10-1]$, $(111)[01-1]$; $(11-1)[101]$, $(11-1)[1-10]$, $(11-1)[011]$;
 $(1-11)[110]$, $(1-11)[10-1]$, $(1-11)[011]$; $(-111)[110]$, $(-111)[101]$, $(-111)[0-11]$

体心立方滑移系: $(110)[1-11]$, $(110)[-111]$; $(1-10)[111]$, $(1-10)[11-1]$; $(101)[-111]$, $(101)[11-1]$;
 $(10-1)[111]$, $(10-1)[1-11]$; $(011)[1-11]$, $(011)[11-1]$;

7 何谓临界分切应力, 并说明临界分切应力与屈服强度的关系 (针对单晶体而言)。

使滑移发生的最小分切应力叫临界分切应力。

关系: (1) $\tau = \sigma \cos\lambda \cos\phi$, 当 $\sigma = \sigma_s$ 时, $\tau = \tau_k$, (2) 对一定的材料, τ_k (临界分切应力) 是一定的, 而 σ_s (屈服强度) 是与 $\cos\lambda \cos\phi$ (取向因子) 有关的。

上大材料考研真题QQ1521577416

8 有一 70MPa 应力作用在 fcc 晶体的[001]方向上, 求作用在(111)[10-1]和(111)[-110]滑移系上的分切应力。

(1) 已知滑移系为: (111)[10-1], 外力轴为[001]。

外力轴 [001]与 滑移方向[10-1]夹角的余弦: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [10-1]) = 1/\sqrt{2}$,

外力轴 [001]与 滑移面(111) 的法线的夹角的余弦: $\cos\phi = \cos([001] \sim [111]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

则分切应力 $\tau = \sigma \cos\lambda \cos\phi = 70/\sqrt{6} = 28.6\text{MPa}$

(2) 若滑移系为(111)[-110], 由于外力轴 [001]与 滑移方向[-110]夹角的余弦: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [-110]) = 0$, 所以, 分切应力 $\tau = \sigma \cos\lambda \cos\phi = 0$

10 铜单晶圆棒试样的直径为 5mm, 滑移面和滑移方向为{111}和<110>, 临界分切应力为 0.98N/mm^2 , 试求: (1) 若沿[001]方向拉伸, 需要多大的外力才能使试样屈服? 屈服强度是多少? (2) 若沿[111]方向拉伸, 则需要多大的外力才能使试样屈服? 屈服强度又是多少?

(3) 请分别写出在上述两种情况下的等效滑移系。

(1) 已知面心立方的滑移系为: (111)[1-10], (111)[10-1], (111)[01-1]; (11-1)[101], (11-1)[1-10], (11-1)[011]; (1-11)[110], (1-11)[10-1], (1-11)[011]; (-111)[110], (-111)[101], (-111)[0-11]。外力轴为[001]。

则对于 (111) [1-10]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [1-10]) = 0$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [111]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 0$

对于(111)[10-1]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [10-1]) = 1/\sqrt{2}$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [111]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

对于(111)[01-1]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [01-1]) = 1/\sqrt{2}$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [111]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

对于(11-1)[101]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [101]) = 1/\sqrt{2}$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [11-1]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

对于(11-1)[1-10]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [1-10]) = 0$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [11-1]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 0$

对于(11-1)[011]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [011]) = 1/\sqrt{2}$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [11-1]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

对于(1-11)[110]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [110]) = 0$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [1-11]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 0$

对于(1-11)[10-1]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [10-1]) = 1/\sqrt{2}$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [1-11]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

对于(1-11)[011]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [011]) = 1/\sqrt{2}$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [1-11]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

对于(-111)[110]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [110-1]) = 0$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [-111]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

对于(-111)[101]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [101]) = 1/\sqrt{2}$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [-111]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

对于(-111)[0-11]有: $\cos\lambda = \cos([001] \sim [0-11]) = 1/\sqrt{2}$, $\cos\phi = \cos([001] \sim [-111]) = 1/\sqrt{3}$,

所以, $\cos\lambda \cos\phi = 1/\sqrt{6}$

从中找出 $\cos\lambda \cos\phi$ 最大值, 代入 $\tau_k = \sigma_s \cos\lambda \cos\phi$, 即可求出 σ_s 和 F。

(2) 使用与 (1) 相同的方法做。

上大材料考研真题QQ1521577416

(3) 找出 $\cos\lambda \cos\phi$ 最大值所对应的滑移系即为等效滑移系。

11 简述多晶体塑变与单晶体塑变的差异。

多晶体由于晶粒间位向不同和晶界的存在，导致其变形时不同晶粒的变形是不同时的、不连续的，变形过程中晶粒之间要相互协调。

12 (1) 写出 Hall-Petch 公式，说明公式的意义。(2) 已知平均晶粒直径为 1mm 和 0.0625mm 的 α -Fe 的屈服强度分别为 112.7MPa 和 196MPa，问平均晶粒直径为 0.0196mm 的纯铁的屈服强度为多少。

公式： $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-1/2}$ ，说明晶粒越细晶体的屈服强度越高。

1 说明金属在塑性变形后，其组织和性能将发生怎样的变化。

金属塑性变形后，组织变化包括晶粒和亚结构的变化，其中，晶粒被拉长，形成纤维组织；亚结构细化，缺陷数目大大增加。另外，畸变能也大大增加。性能变化包括力学性能和物理化学性能，其中，力学性能变化为强度、硬度上升，塑性、韧性下降，物理化学性能变化为电阻率上升。

2 请问，经过冷塑性变形后的金属，在加热过程中，随温度的升高，将发生什么过程，各个过程是如何区分的。

经过冷变形的金属，在加热过程中，随着温度的升高，将发生回复、再结晶和晶粒长大过程。各个过程以晶粒来区分，在回复阶段，晶粒不变，保持纤维状，在再结晶过程，有新的等轴晶粒产生，当组织中的畸变晶粒都消失时，则再结晶就完成了，以后就是晶粒的长大过程。

3 何谓再结晶温度，简述影响再结晶温度的因素。

再结晶开始的温度叫再结晶温度，生产上通常用经过严重冷变形的金属在 1 小时完成再结晶的温度来定义再结晶温度。

影响再结晶温度的因素有：成分、冷变形量、退火温度等。

4 已知 Cu-30%Zn 合金的再结晶激活能为 250KJ/mol，此合金在 400℃ 的恒温下完成再结晶需要 1 小时，试求此合金在 390℃ 的恒温下完成再结晶需要多少小时？

因为 $V = A \exp(-Q/kT)$

所以 $\ln(t_1/t_2) = Q(1/T_1 - 1/T_2)/R$

其中：T1=673K, T2=663K, Q=250000J/mol, R=8.314, t1=1h

求得：t2=1.96h

5 何谓临界变形量和再结晶晶粒异常长大。请描述变形量和退火温度对再结晶晶粒大小的影响。

在经过较小的变形量变形后，其再结晶晶粒将非常的大，所对应的变形量称为临界变形量。

在经过大变形量变形后，其再结晶晶粒变得异常的大，称为再结晶晶粒异常长大。

在很小变形量变形后，其再结晶晶粒变化很少；在较小变形量变形后，其再结晶晶粒将非常

上大材料考研真题QQ1521577416

大；以后，随着变形量增加，其再结晶晶粒尺寸下降。

在退火温度低时，温度的影响小；退火温度高时，容易发生再结晶晶粒异常长大。

6 在再结晶和晶粒长大过程中金属的组织 and 性能将发生怎样的变化？

在再结晶过程中，金属形成新的无畸变的等轴晶粒，金属内的位错数目大大下降，强度、硬度下降，塑性、韧性上升，物理化学性能恢复到冷变形前。

7 回复、再结晶、晶粒长大过程的驱动力分别是什么。

回复、再结晶的驱动力为畸变能下降，晶粒长大的驱动力为晶界能下降。

8 某工厂用一冷拉钢丝绳将一大型钢件吊入热处理炉内，由于一时的疏忽，未将钢丝绳取出，而是随同工件一起加热至 860°C ，保温时间到了，打开炉门，要吊出工件时，钢丝绳发生了断裂，试分析原因。

因为钢丝绳发生了再结晶，导致其强度下降，无法再承受这一载荷，导致钢丝绳断裂。第四章习题参考答案

1 描述在金属固体中发生扩散时，原子是如何运动的。指出扩散的条件。

原子做定向迁移，这一定向是统计概念的定向。扩散的条件是：驱动力、温度、时间。

2 有一球壳，内半径为 r_1 ，外半径为 r_2 。在 T 温度保温，有物质从球壳内向球壳外扩散，当扩散达到平衡后，球壳内表面扩散物质的浓度为 C_1 ，外表面的浓度为 C_2 ，并测得在单位时间内从球壳内向球壳外扩散的物质总量为 Q 。设扩散系数为常数。求：

A，扩散系数。

B， $r=(r_1+r_2)/2$ 处的浓度。

(提示：对第一定律进行定积分)

A，已知半径为 r 处的球壳表面积为 $4\pi r^2$ ，则 $J=Q/(4\pi r^2)$ ，将第一定律方程中的 x 换成 r ，并将 $J=Q/(4\pi r^2)$ 代入，获得 $J=Q/(4\pi r^2)=-DdC/dr$ (式 1)，对 C 和 r 进行定积分， C 为 $C_1\sim C_2$ ， r 为 $r_1\sim r_2$ ，可以求得 D 。

B，将 D 值代入式 1，再次进行定积分，此次， C 为 $C_1\sim C$ ， r 为 $r_1\sim (r_1+r_2)/2$ ，可以求得 C 。

3 简述第二定律中的不同解分别适用的场合。

高斯解适用于扩散过程中扩散元素质量保持不变，其值为 M 。扩散开始时扩散元素集中在表面，好像一层薄膜。高斯解用得较多的情况是在工件表面涂有一层扩散物质，这是要保证扩散物质总量 M 不变。例如制作半导体元件时，常先在硅表面沉积一薄膜，然后加热使之扩散。

误差函数解适用于无限长棒或半无限长棒的问题。如：渗碳过程。

正弦解适用于计算薄片扩散时间较长的扩散问题。经常用来计算均匀化扩散退火一类问题。

4 对于第二节第 15 页上的例子，问：扩散 $7\times 10^7\text{s}$ 后，表面、距表面 4 和 $8\mu\text{m}$ 处的硼浓度分别是多少？（ 1100°C 时硼在硅中的扩散系数 D 为 $4\times 10^{-7}\text{m}^2/\text{s}$ ，硼膜质量为 $M=9.43\times 10^{19}$ 原子/ m^2 ）

由高斯解可求得扩散 $7\times 10^7\text{s}$ 后表面 ($x=0$ 处) 硼的浓度为：

上大材料考研真题QQ1521577416

$$C = 9.43 \times 10^{19} / (4 \pi \times 10^{-7} \times 7 \times 10^7)^{-1/2} = 1.66 \times 10^{-8} \text{kg/m}^3$$

距表面 4 和 8 μm 处: $C = 1.66 \times 10^{-8} \text{kg/m}^3$

5 简述置换原子和间隙原子的扩散机制。

置换原子是空位机制，间隙原子是间隙机制。

6 何谓柯肯达尔效应，简述柯肯达尔效应的意义。

把扩散偶中由于扩散系数不同而引起对接面移动的现象称为柯肯达尔效应。

首先，柯肯达尔效应直接否定了置换式固溶体扩散的换位机制，支持了空位机制。另外，柯肯达尔效应还说明，在扩散系统中，每一组元都有自己的扩散系数。

7 简述影响扩散的因素（从温度、晶体结构两方面来简述）

温度：随温度升高，扩散速度大大加快。

晶体结构包括：

结构类型——面心立方的扩散系数小于体心立方；固溶体类型——间隙原子扩散系数大于置换原子；晶体缺陷处扩散系数大于非缺陷处，当温度低时尤其这样；等等。

8 钢可以在 870°C 渗碳也可以在 930°C 渗碳，问：A) 计算钢在 870°C 和 930°C 渗碳时，碳在钢（奥氏体）中的扩散系数。已知 $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ， $Q = 144 \times 10^3 \text{J/mol}$ 。B) 在 870°C 渗碳要用多长时间才能获得 930°C 渗碳 10 小时的渗层深度？（渗层深度：在浓度—距离曲线中，某一浓度所对应的离表面的距离。）

(提示：对 A，使用公式： $D = D_0 \exp(-Q/RT)$ 。对 B，使用扩散第二定律中的误差函数解 4-18 式，因为渗层深度相同，所以 C、C1、C2、x 都相等。)

$$A, D(870^\circ\text{C}) = D_0 \exp(-Q/RT) = 2 \times 10^{-5} \exp(-144 \times 1000 / 8.31 / 1143) = 5.2 \times 10^{-12}$$

$$D(930^\circ\text{C}) = D_0 \exp(-Q/RT) = 2 \times 10^{-5} \exp(-144 \times 1000 / 8.31 / 1193) = 0.98 \times 10^{-11}$$

B, 因为 C、C1、C2、x 都相等，所以有： $D_1 t_1 = D_2 t_2$ ，所以， $t = 9.8 / 0.52 = 19(\text{h})$

([返回](#)目录)

上大材料考研真题QQ1521577416

第五章参考答案

1 简述相图的组成、作用，具体描述一种制作相图的方法。

相图组成：组元、温度、相结构。

作用：反映成分、温度、平衡状态之间的关系。

制作方法：（略）

2 简述相律中各项的含义，应用相律说明在常压下，一元、二元和三元系统中最大的相数各是多少？

$f=c-p+2$ 。f：自由度数；c：组元数；p：平衡相数；2：温度和压力。

常压下，一元、二元、三元系统中最大的平衡相数各为 2、3、4。

3 有 1000g 铜镍二元合金，成分为 $w(\text{Ni})=w(\text{Cu})=50\%$ ，问：（1）合金在何温度开始熔化，何温度开始凝固。与纯铜或纯镍相比，有何差异。（2）将合金加热至完全熔化后，缓慢地冷却至 1300°C 等温，使液、固相平衡，分析出液相的平衡成分为 $w(\text{Ni})=43\%$ ，固相的平衡成分为 $w(\text{Ni})=55\%$ ，计算这时有多少克合金凝固了。（3）若将完全熔化后的合金快速地冷却至 1300°C ，使液、固两相不处于平衡，请定性地指出，此时固相的成分与（2）相比有何差异；固相的量与（2）比有何差异。

（1） 1320°C 开始凝固， 1300°C 开始熔化。与纯金属相比，纯金属的开始凝固和开始熔化温度为同一个温度，合金是不同的温度。

（2）设有 $x\text{g}$ 合金凝固，则有： $1000 \times 0.5 = 0.43(1000-x) + 0.55x$ ，所以， $x=583\text{g}$ 。

（3）快速凝固时，固相中含镍量增加，固相量下降。

4 在匀晶转变中，结晶的固相，其成分与合金的成分是否一样？与液相的成分是否一样？若不一样，请指出何种成分的含量提高了（以 Ni-Cu 合金为例）。

固相的成分与合金的成分不同，含有更多的 Ni，与液相的成分也不同，也是含有更多的 Ni。

5 对于 Ni-Cu 合金，若以平衡结晶，获得的室温组织的形貌是怎样的？若以不平衡结晶，则获得的室温组织的形貌又是怎样的？并简述原因。（请参考图 5-14 和图 5-17）

若平衡结晶，获得的室温组织形貌为等轴晶，以不平衡结晶，组织形貌为树枝晶。因为：不平衡结晶时，先结晶的固相富含高熔点组元，形成树枝晶的枝干，最后结晶的固相富含低熔点组元，处于枝干之间，腐蚀时不同成分的腐蚀程度不同，所以显示出树枝晶形貌。

6 对于含 Sn50% 的 Pb-Sn 合金（Pb-Sn 合金的相图在图 5-18），要求：（1）请画出平衡结晶的冷却曲线（2）计算平衡冷却至室温时的平衡相和平衡组织的相对量（3）若将合金快速地冷却至伪共晶区后再冷至室温，则室温组织是什么，相对量是多少。

（1）冷却曲线与图 5-21 相似。

上大材料考研真题QQ1521577416

(2) 平衡冷却至室温的平衡相为 $\alpha + \beta$ ，相对量为： $W(\alpha) = (1-0.3) / (1-0.02)$ ，

$$W(\beta) = (0.3-0.02) / (1-0.02)。$$

平衡组织为 $\alpha + \beta_{II} + (\alpha + \beta)$ ，其中 $\alpha + \beta_{II}$ 是由先共晶 α 产生的， $(\alpha + \beta)$ 为共晶组织，由液相产生。相对量为： $W(\alpha + \beta) = W(L) = (0.3-0.19) / (0.619-0.19) = 0.26$ ，

$$\text{所以， } W(\alpha + \beta_{II}) = (0.619-0.3) / (0.619-0.19) = 0.74，$$

$$W(\alpha) = (1-0.19) / (1-0.02) * 0.74，$$

$$W(\beta_{II}) = (0.19-0.02) / (1-0.02) * 0.74$$

(3) 快速冷却至伪共晶区，室温获得 100% 的共晶组织。

7 对于含 Ag30% 的 Ag-Pt 合金（合金的相图在图 5-38），要求：（1）请画出平衡结晶的冷却曲线（2）计算平衡冷却至室温时的平衡相和平衡组织的相对量（3）画出室温组织示意图。

（1）冷却曲线与图 5-39 相似。

（2）平衡冷却至室温的平衡相为 $\alpha + \beta$ ，相对量为 $W(\alpha) = (Q-0.3) / (Q-P)$ ，

$$W(\beta) = (0.3-P) / (Q-P)。$$

平衡组织为 $\alpha + \beta_{II} + \beta + \alpha_{II}$ ，其中， $\alpha + \beta_{II}$ 由 E 点 α 转变而来， $\beta + \alpha_{II}$ 由 D 点 β 转变而来，所以有：

$$W(\alpha + \beta_{II}) = W(\alpha_E) = (D-0.3)/(D-E)$$

$$\text{其中： } W(\alpha) = (Q-E)/(Q-P) * W(\alpha_E)，W(\beta_{II}) = (E-P)/(Q-P) * W(\alpha_E)$$

$$W(\beta + \alpha_{II}) = W(\beta_D) = (0.3-E)/(D-E)$$

$$\text{其中： } W(\beta) = (D-P)/(Q-P) * W(\beta_D)，W(\alpha_{II}) = (Q-D)/(Q-P) * W(\beta_D)$$

(3) 组织示意图见图 5-40。

8 指出铁与碳可以组成哪些相结构，哪些组织，写出具体的相结构名称和组织名称。

铁与碳可以组成的相结构有：固溶体（ α 、 γ ）和化合物（ Fe_3C ），组织为铁素体、珠光体、莱氏体、一次渗碳体、二次渗碳体、三次渗碳体。

9 含碳 0.45% 和 3.5% 的铁碳合金分别称为什么合金。分析它们的平衡结晶过程，画出冷却曲线，计算室温平衡相相对量和平衡组织相对量。比较这两种合金的力学性能，并指出造成性能差异的原因。

（1）含碳 0.45% 的铁碳合金叫亚共析钢，

室温平衡相为 $\alpha + Fe_3C$ ，

$$\text{相对量 } W(\alpha) = (6.69-0.45)/(6.69)，W(Fe_3C) = (0.45)/(6.69)$$

室温平衡组织为 F+P，

$$\text{相对量 } W(F) = (0.77-0.45)/(0.77-0.0218)，W(P) = (0.45-0.0218)/(0.77-0.0218)。$$

上大材料考研真题QQ1521577416

(2) 含碳 3.5% 的铁碳合金叫亚共晶白口铁，

室温平衡相为 $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ，

相对量 $W(\alpha) = (6.69 - 3.5) / (6.69)$ ， $W(\text{Fe}_3\text{C}) = (3.5) / (6.69)$

室温平衡组织为 $\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}} + \text{Ld}$ ，其中， $\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$ 是由先共晶奥氏体产生， Ld 为莱氏体，由液相产生。所以有：

相对量 $W(\text{Ld}) = (3.5 - 2.11) / (4.5 - 2.11)$ ， $W(\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}) = (4.5 - 3.5) / (4.5 - 2.11)$ ，

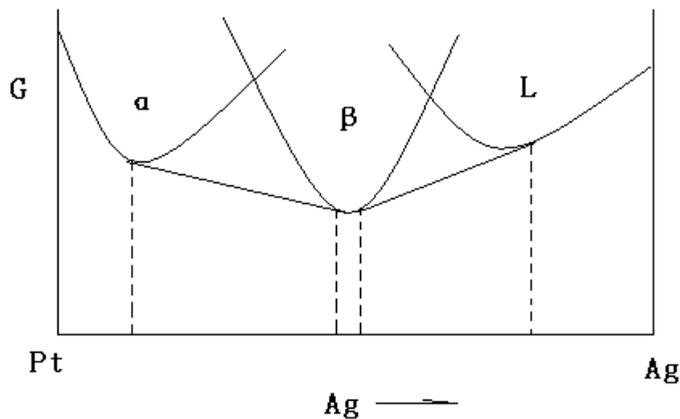
$W(\text{P}) = (6.69 - 2.11) / (6.69 - 0.77) * W(\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}})$

$W(\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}) = (2.11 - 0.77) / (6.69 - 0.77) * W(\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}})$

(3) 亚共析钢有一定的强度、硬度和塑性、韧性，随珠光体量增加，强度、硬度上升，塑性、韧性下降。亚共晶白口铁，由于含有莱氏体，硬度很高，塑性、韧性很差，脆性很大。

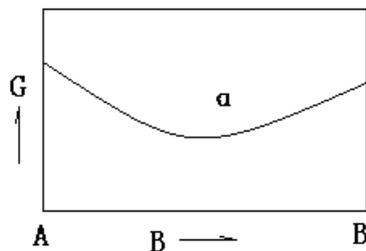
10 请描述求解单相固溶体自由能的方法。对于 Pt-Ag 合金，请示意地画出 1100°C 时的成分—自由能曲线，以及平衡的情况。

如图



11 请画出金属固溶体的成分—自由能曲线的示意图。

如图

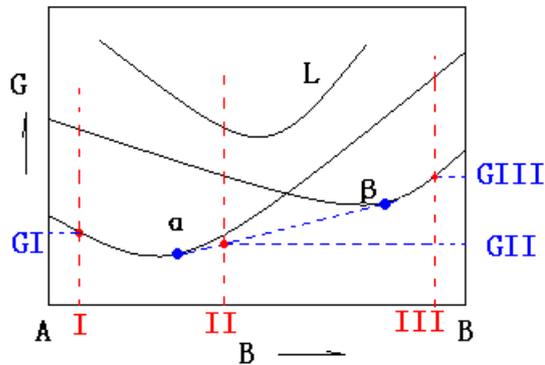


12 已知二元合金 A-B，如图是温度 T 时的三个单相的成分—自由能曲线示意图，其中 L 是液相，另外两个是固相。问：(1) 在此温度时，液相是否可以稳定存在，为什么？(2) 分析温度 T 时，成分为 I、II、III 的合金，可以存在的平衡相是什么？合金的自由能是多少。

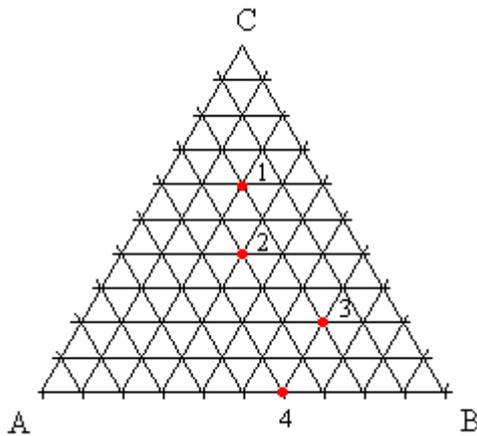
(1) 液相不能稳定存在。

上大材料考研真题QQ1521577416

(2) I 合金为 α ，II 合金为 $\alpha + \beta$ ，III 合金为 β ，合金的自由能值分别为 G_I 、 G_{II} 和 G_{III} ，如图 所示。



13 请写出图(2)中四点的成分。示意性地画出 A 与 B 含量之比为常数的合金成分变化线和 B 含量为常数的合金成分变化线。

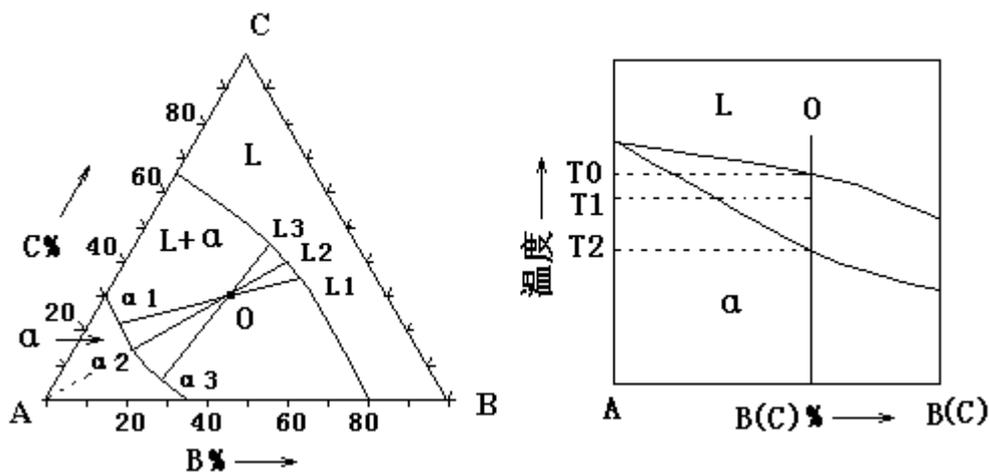


1: A=20%，B=20%，C=60%；2: A=30%，B=30%，C=40%；
3: A=20%，B=60%，C=20%；4: A=40%，B=60%，C=0%；

14 在三元合金中，描述杠杆定律及其应用的场合，描述重心法则及其应用的场合。

杠杆定律适用于两相平衡，重心法则适用于三相平衡。

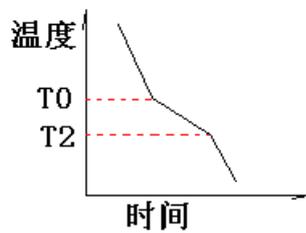
15、图 (3) 是 A—B—C 三元合金的等温截面 (T_1) 和垂直截面，假定 A、B、C 在液态完全互溶，在固态也完全互溶，并且 $T_A > T_1 > T_B > T_C$ ，其中 T_A 、 T_B 、 T_C 分别为组元 A、B、C 的熔点。有合金 O，其成分如图所示。试求：(1) 请写出合金 O 的成分；(2) 分析合金 O 的平衡结晶过程，并画出冷却曲线；(3) 合金在 T_1 时处于什么状态。(4) 请判断图中可能的连接线，并计算两平衡相的相对量。



上大材料考研真题QQ1521577416

(1) 成分: $A=40\%$, $B=30\%$, $C=30\%$

(2) 如图



(3) $L + \alpha$

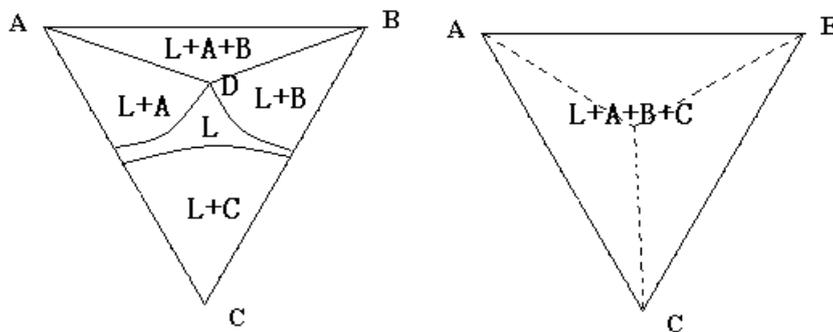
(4) 连接线为 $\alpha_3 L_3$, 因为: $T_B > T_C$, 所以有: $B_\alpha / C_\alpha > B_O / C_O > B_L / C_L$, 所以, 连接线为 $\alpha_3 L_3$ 。

$W_\alpha = O L_3$, $W_L = \alpha_3 O / \alpha_3 L_3$,

16 A、B、C 三组元在液态完全互溶, 在固态完全不互溶, 并有共晶反应, 其相图如图 5-111 所示, 要求: (1) 指出相图中有几个两相区、几个三相区、几个四相区。(2) 分别画出一个两相区、一个三相区和一个四相区的等温截面示意图。

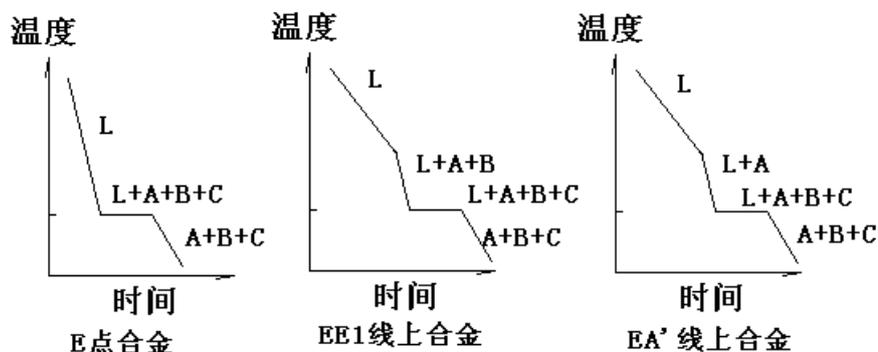
(1) 有三个两相区, 四个三相区, 一个四相区。

(2) 见图



17 针对图 5-112, 分别分析 E 点成分的合金、EE1 线上成分的合金、EA' 线上成分的合金的平衡冷却过程: (1) 画出冷却曲线 (2) 写出平衡反应式。

(1) 如图



(2) 对 E 点成分的合金: $L = A+B+C$

EE1 线上成分的合金: $L = A+B, L = A+B+C$

EA' 线上成分的合金: $L = A, L = A+B+C$

上大材料考研真题QQ1521577416

([返回](#)目录)

上大材料考研真题QQ1521577416

第六章参考答案

1 描述液态金属的结构，指出与固态金属结构的差异。

液态金属的原子大部分是无序、混乱的分布，但是在微小区域内存在着有序、规则的排列，为短程有序。这种短程有序是不稳定的，表现为：在一定时间内液体中可能出现一些原子呈规则排列的微体积，经过一段时间之后，它们就消散。同时，在液体的另外一些微体积中又会形成原子的规则排列。这一过程可以不断重复进行。随着温度的下降，短程有序的程度和微观体积的尺寸增大。

与固态结构的差异：

- (1) 液体中原子之间的平均距离比固体中略大。
- (2) 液体中原子的配位数比密排结构晶体的配位数小。
- (3) 液态中原子排列混乱度增加。

2 何谓过冷。推导过冷的热力学条件。

金属开始凝固的温度 T_n 低于其熔点 T_m ，这种现象叫做过冷。

推导见第六章第三节。

3 金属凝固过程包括哪两个基本过程。

包括形核和长大两个过程。

4 指出形核过程的驱动力和阻力分别是什么，比较均匀形核和非均匀形核的临界形核功大小和形核率的大小，说明造成两者差异的原因。

形核过程的驱动力是体积自由能的下降，阻力是面积自由能的上升。

非均匀形核的临界形核功小于均匀形核，非均匀形核的形核率大于均匀形核。这是因为在非均匀形核时阻力小于均匀形核所致。

5 (课后习题) 若在液相中发生均匀形核，假设晶核为立方体，试求临界晶核边长 a^* 和临界形核功 ΔG^* 。若发生的是非均匀形核，即形核在一个现成的固-液界面上，界面面积为 $A(A > a^2)$ ，界面比表面能均为 r ，假设晶核仍为立方体，试求临界晶核边长 a^* 和临界形核功 ΔG^* 。

均匀形核时： G_1 (形核前) = $V_L G_L$, G_2 (形核后) = $(V_L - V_S)G_L + V_S G_S + A^* r$

则有： $\Delta G = G_2 - G_1 = V_S(G_S - G_L) + A^* r = V_S \Delta G_V + A^* r = a^3 \Delta G_V + 6a^2 r$

令： $d(\Delta G)/d(a) = 0$,

则有： $a^* = -4 r / \Delta G_V$,

$$\Delta G^* = 32r^3 / (\Delta G_V)^2,$$

非均匀形核时： G_1 (形核前) = $V_L G_L + A_1 r$,

G_2 (形核后) = $(V_L - V_S)G_L + V_S G_S + [(A_1 - a^2)r + 5a^2 r]$

则有： $\Delta G = G_2 - G_1 = V_S(G_S - G_L) + 4a^2 r = a^3 \Delta G_V + 4a^2 r$

令： $d(\Delta G)/d(a) = 0$,

则有： $a^* = -(8/3) r / \Delta G_V$,

$$\Delta G^* = (256/27)r^3 / (\Delta G_V)^2,$$

上大材料考研真题QQ1521577416

6 何谓正温度梯度和负温度梯度。何谓粗糙界面和光滑界面。

正温度梯度有 $dT/dx > 0$ 关系，即离开界面越远，液体的温度越高。负温度梯度正好相反。

粗糙界面：界面上有一半位置为原子占据，一半为空位。界面在微观范围是粗糙的，高低不平。界面由几个原子厚的过渡层组成。这种微观上粗糙的界面在宏观上是平直的。

光滑界面：界面上要么固相原子极少，要么空位极少。因而界面保持晶体学光滑表面的特性。界面为一个原子厚的过渡层，与液相截然分开。界面上各处晶体学表面取向不同，因此，从宏观上看界面是曲折、锯齿形小平面，

7 简述三种长大机制。分析金属和非金属在正或负温度梯度下分别以何种机制长大，及其对固体形貌的影响。

三种长大机制：垂直长大机制、二维形核长大机制、螺旋长大机制。

金属在正、负温度梯度下都以垂直长大机制长大，在正温度梯度下以平面方式长大，长成等轴晶，在负温度梯度下以树枝晶方式长大，长成树枝晶。

非金属在正、负温度梯度下都以二维形核机制和螺旋机制长大，在正温度梯度下以平面方式长大，长成等轴晶；在负温度梯度下有树枝晶的倾向，但是不明显。

8 简述影响金属凝固后晶粒尺寸的因素。在金属凝固过程中，采用哪些措施可以使凝固后的晶粒细小。

形核率和长大速度影响凝固后的晶粒尺寸。在金属凝固过程中，通过加快冷却速度、搅拌、变质处理可以细化晶粒。

9 固溶体与纯金属的形核相比，除了需要结构起伏、能量起伏外，还需要什么。

还需要成分起伏，因为先凝固的固相成分与液相成分是不同的。

10 何谓平衡分配系数和有效分配系数。

在某一温度下，平衡的固相成分与液相成分之比叫平衡分配系数。固溶体在不平衡凝固过程中，固液界面附近固相成分与远离界面的液相成分之比叫有效分配系数。

11 固溶体在非平衡凝固过程中，其溶质原子的分布受液态金属状态的影响，请分析是如何影响的。

见图 6-38，其中：a 是平衡结晶，b 是液相完全混合，c 是液相完全不混合，d 是液相部分混合。

12 纯金属凝固为什么需要结构起伏和能量起伏？

因为固相的结构与液相不同，所以凝固时需要结构起伏。在凝固时，具有临界尺寸的晶胚是可以形核和长大的，但是，此时的形核功大于零，当液相中存在能量起伏时，若在较高能量的液相部分形核，就可以弥补所需的形核功。

13 何谓成分过冷，说明形成成分过冷的条件。

上大材料考研真题QQ1521577416

在不平衡凝固时，由于液相中溶质分布不均匀引起的过冷，叫成分过冷。

$$\text{成分过冷形成的条件: } \frac{G}{R} = \frac{m c_0}{D} \frac{1-k_0}{k_0}$$

14 说明成分过冷对合金组织的影响。

在无成分过冷时，固溶体晶体以平直界面方式生长，形成稳定的平直界面。

在小的成分过冷时，平界面不稳定，界面上偶然凸起，进入过冷液体，可以长大。但因过冷区窄，凸出距离不大，不产生侧向分枝，发展不成枝晶，而形成胞状界面。最后出现胞状结构，其纵截面为长条形，横截面为六角形。

在大的成分过冷时，液相很大范围处于过冷状态，类似负温度梯度条件。此时，晶体以树枝状方式长大，长成树枝晶。

15 说明偏析产生的原因，指出消除偏析的方法。

在不平衡凝固过程中，固相中溶质浓度分布不均匀，因而凝固结束，晶体中产生成分偏析。用扩散退火可以减轻或消除偏析。

16 为了获得粗大的柱状晶，如何控制凝固条件。为了获得细小的等轴晶，又该如何控制凝固条件。

为了获得粗大的柱状晶，可以采用定向凝固的方法。

为了获得细小的等轴晶，可以采用搅拌、快速冷却（对小铸件）、进行变质处理等。

17 固溶体在非平衡凝固过程中，其固相的溶质原子分布受液态金属状态的影响，液态金属可能存在三种状态，分别为完全混合、完全不混合和部分混合，请根据这三种液态情况，来分析凝固后固相中溶质原子的分布。

同 11 题。

[\(返回目录\)](#)