

作业 1

1. 人类使用材料的历史经历了哪些时代？

答：人类使用材料的历史经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代、水泥时代、钢时代、硅时代、新材料时代。

2. 材料的化学(键)分类和使用性能分类？

答：材料的化学(键)分类：金属材料、无机非金属材料、高分子材料、复合材料。

材料的使用性能分类：结构材料、功能材料。

3. 什么是材料科学、材料工程、材料科学与工程？

答：材料科学：一门以固体材料为研究对象，以固体物理、固体化学、热力学、动力学、量子力学、冶金、化工为理论基础的边缘交叉基础应用学科，是运用电子显微镜、X射线衍射、热谱、电子离子探针等各种精密仪器和技术，探讨材料的组成、结构、制备工艺和加工使用过程与其机械、物理、化学性能之间的规律的一门基础应用学科。

材料工程：运用材料科学的理论知识和经验知识，为满足各种特定需要而发展、制备和改进各种材料的工艺技术。

材料科学与工程：研究材料的组成与结构、合成与制备(工艺)、性能、使用效能(用途)四者之间相互关系和规律的一门科学。

4. 简述无机非金属材料及其特点？

答：无机非金属材料是一种或多种非金属元素(如 O、C、N 等，通常为 O)的化合物，主要为金属氧化物和金属非氧化物，不含 C-H-O 链。

无机非金属材料的特点：

①组成：一种或多种非金属元素(如 O、C、N 等，通常为 O)的化合物。

②结构：结合键主要为离子键、共价键或离子—共价混合键。

③性能：高熔点、高强度、耐磨损、高硬度、耐腐蚀和抗氧化的基本属性，宽广的导电性、导热性和透光性以及良好的铁电性、铁磁性和压电性，很差的延展性及耐冲击性。

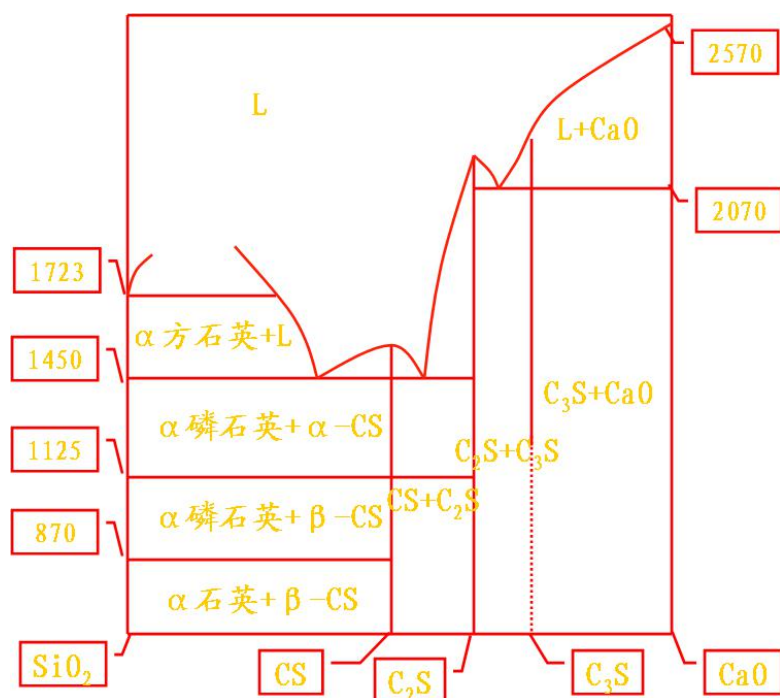
④合成与制备(艺)：(暂忽略)。

⑤使用效能(应用)：(暂忽略)。

作业 2

1. 从 CaO-SiO_2 二元相图分析矿物组成与化学组成、工艺条件的关系？

答：①CaO-SiO₂二元相图。



②矿物组成与化学组成的关系：在 870-1125℃之间，随着 SiO₂ 质量分数的降低，CaO 质量分数的提高，所形成的矿物组成依次为 α 磷石英，α 磷石英+β-CS，β-CS，β-CS+ C₂S，C₂S，C₂S+C₃S，C₃S，C₃S+CaO，CaO。

③矿物组成与工艺条件的关系：在 SiO₂-CS 区间，随着温度的升高，依次生成 α 石英+β-CS，α 磷石英+β-CS，α 磷石英+α-CS，α 方石英+L，L。

2. 计算[BO₃]三角体和[SiO₄]四面体中正负离子彼此相互接触的正负离子半径的比值。

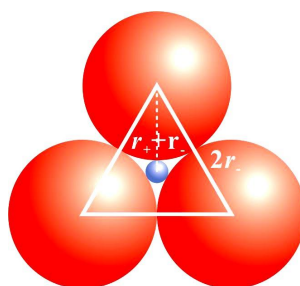
答：①[BO₃]三角体中正负离子彼此相互接触的正负离子半径的比值：

$$(r^+ + r^-)^2 = (r^-)^2 + \left(\frac{r^+ + r^-}{2}\right)^2$$

$$3(r^+)^2 + 6r^+r^- - (r^-)^2 = 0$$

$$r^+ = 0.155r^-$$

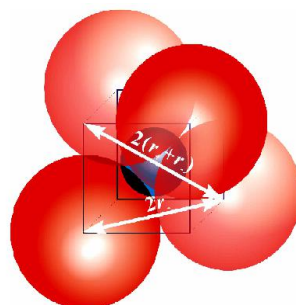
$$r^+ / r^- = 0.155$$



②[SiO₄]四面体正负离子彼此相互接触的正负离子半径的比值：

$$\sqrt{2}a = 2r^-$$

$$\sqrt{3}a = 2(r^+ + r^-)$$

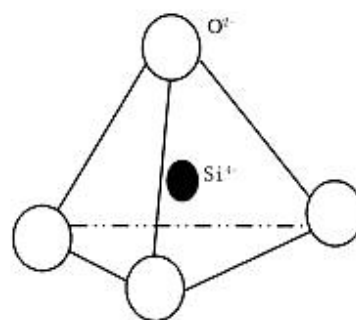


$$r^+ + r^- = \frac{\sqrt{3}}{2}a = \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{2}r^- = \frac{\sqrt{6}}{2}r^- = 1.225r^-$$

$$r^+ / r^- = 0.225$$

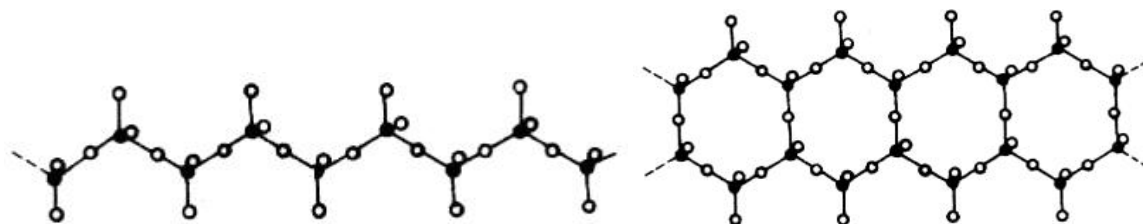
3. 为什么岛状、链状、架状硅酸盐晶体结构的桥氧数、硅氧比不同？

答：由于 $[\text{SiO}_4]$ 四面体聚合形状不同，所以岛状、链状、架状硅酸盐晶体结构的桥氧数、硅氧比不同。



①岛状硅酸盐晶体结构：桥氧数：0，硅氧比 1:4。

②链状硅酸盐晶体结构：单链：桥氧数：1，硅氧比 1:3；双链：桥氧数：2.5，硅氧比 4:11。



③架状硅酸盐晶体结构：桥氧数：4，硅氧比 1:2。



4. 什么叫晶体缺陷？有哪些类型？

答：①晶体缺陷：实际晶体中原子规则排列遭到破坏而偏离理想结构的区域。

②晶体缺陷类型：点缺陷、线缺陷和面缺陷。

③点缺陷：晶格位置缺陷(弗兰克尔缺陷、肖特基缺陷)、组成缺陷(间隙型杂质原

子、置换型杂质原子)和电荷缺陷。

④**线缺陷**：刃型位错、螺型位错。

⑤**面缺陷**：与晶体结构无关的面缺陷：晶晶界和相界，与晶体结构有关的面缺陷：共轭相界、孪晶界、堆垛层错。

5. 试说明图像分析法与非图像分析法的异同。

答：①**相同点**：图像分析法与非图像分析法均基于物理方法，其工作原理是以电磁波轰击样品激发产生透射、反射和吸收等特征物理信息，将这些信息加以分析从而确定物相组成和结构特征。

②**不同点**：图像分析法是以显微术为主，既可根据图像的特点及有关的性质来分析和研究固体材料的相组成，也可形象地研究其结构特征和形貌特征，测定其各项结构参数，是材料的主要研究手段，其中最有代表性的是光学显微镜分析和电子显微镜分析。

非图像分析法分为衍射法和成分谱分析。衍射法包括X射线衍射、电子衍射和中子衍射等三种分析方法，主要用来研究材料的结晶相及其晶格常数，其中最有代表性的是粉末X射线衍射分析和单晶X射线衍射分析。

成分谱分析的信息来源于整个样品，是统计性信息，主要测定材料的化学成分。成分谱种类很多，有光谱，色谱，热谱，质谱，能谱，波谱，核磁共振谱、穆斯堡尔谱等等，其中最有代表性的是差热分析，红外光谱分析，能谱分析，核磁共振分析。

作业 3

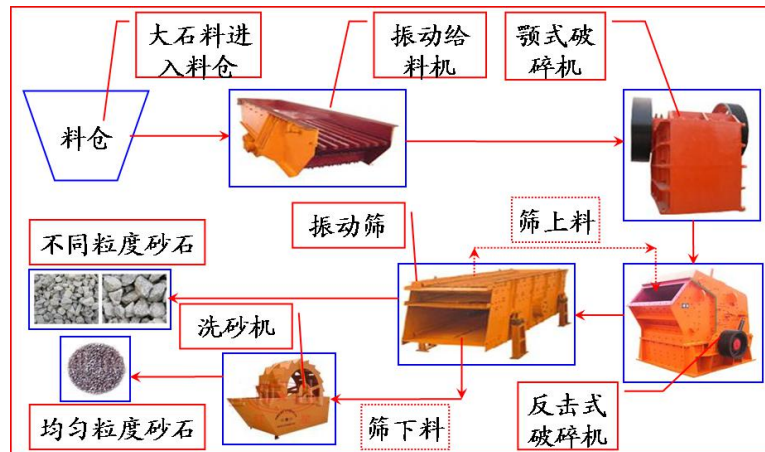
1. 名词解释：熔融法、高温烧结法。

答：(1)**熔融法**：将合成所需材料的原料加热，使其在加热过程和熔融状态下产生各种化学反应，从而达到一定的化学成分和结构。根据加热温度的高低，分为高温熔融法和低温熔融法。玻璃熔融、高炉炼铁、转炉炼钢等为高温熔融法。高分子化合物的本体聚合和熔融聚合为低温熔融法。

(2)**高温烧结法**：陶瓷、耐火材料、粉末冶金以及水泥熟料等通常都是要把成型后的坯体(粗制品)或固体粉料在高温条件下进行烧结后，才能得到相应的产品。

2. 以石料生产为例说明破碎-筛分流程及所需设备。

答：(1)石料生产线如下图所示：



(2) **破碎-筛分流程**：对原料有粒度要求的原料制备工艺，筛分作业必须与破粉碎作业配合使用，组成破碎—筛分流程，即破碎→筛分→粉碎(磨碎)→筛分→超细粉碎→筛分→符合粒度要求的原料。

(3) **所需设备**：①**破碎设备**：颚式破碎机等各种破碎机；②**粉碎(磨碎)设备**：球磨机等各种磨机；③**超细粉碎设备**：气流粉碎磨等各种磨；④**筛分设备**：振动筛等各种筛。

3. 什么是配料的原则和方法？

答：(1) **配料**：根据不同种类材料的理化性能、尺寸及外形，并考虑有关工艺因素，制定相应的配方，确定材料的原料组成。

(2) **配料的原则**：配合料的组成包括按规定比例配合的各种原料的种类、数量(重量或体积)、粒级，因此，配料的原则是：①原料、制品化学组成可能有波动，试样分析可能有误差，配合料的化学成分必须在满足产品性能要求的同时，比产品要求的指标要稍高些；②工艺过程对粉料结合性或分散性的要求；③原料中的水分和灼减成分。

(3) **配料的方法**：即体积法和重量法。

4. 简述泥料混练的目的、方法和设备。

答：(1) **泥料混练**：使两种以上不均匀物料的成分和颗粒度均匀化，促进颗粒接触和塑化的操作过程。

(2) **泥料混练的目的**：使坯料中的成分和性质均匀，即在单位重量或体积内具有同样的成分和颗粒组成。

(3) **泥料混练的方法**：原料的制备与混合一体化、困料、塑化处理。

(4) **泥料混练的设备**：高速混炼机、真空挤泥机、普通捏合机等。

5. 根据材料的成型特性，材料的成型方法分为哪几类？

答：(1) **材料的成型特性**：可流动性和可塑性变形性。

①**可流动性**：材料在加热作用下或添加溶剂时表现出来的流动性。

②**可塑性变形性**：材料在加热作用下或添加溶剂、增塑剂等助剂时，同时受外力作用下，表现出来的塑性变形行为。

(2)材料成型方法的成型特性分类：自由流动成型、受力流动成型、受力塑性成型和其他成型。

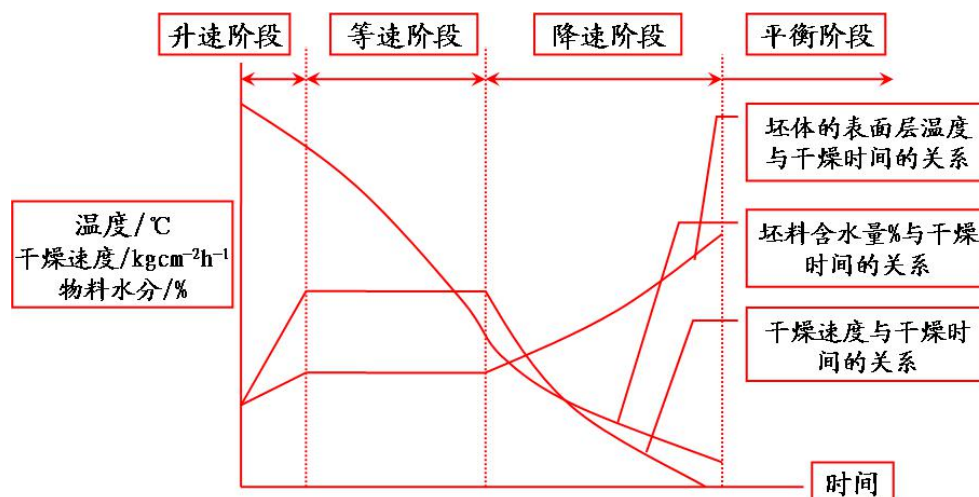
①自由流动成型：成型时无外力作用下，将呈流动状态的物料倒入模型型腔，或使其附在模型表面，经改变温度、反应或溶剂挥发等作用，使之固化或凝固，从而形成具有模型形状的产品，最终产品可以是成品，也可以是半成品。

②受力流动成型：成型时在受力作用下，将呈流动状态的物料注入模型型腔，或使物料通过一定形状的口模，或附在模型表面，经温度变化、反应或溶剂挥发等作用，使物料冷凝、固化，最终形成产品，产品一般无需后续加工即可直接使用。

③受力塑性成型：在受力条件下，在高温或常温，或塑化条件下，使固态物料产生塑性变形而获得所需尺寸、形状及力学性能的成型方法。

6. 简述干燥及干燥过程？

答：(1)干燥：使含水物料(如湿坯、原料、泥浆等)中的液体水汽化而排除水分的过程。



(2)干燥过程：可大致分为四个阶段。

第一阶段为升速干燥阶段，即随着干燥时间的增长，坯体含水量减少，干燥速度升高，坯体的表面层温度也随之升高。

第二阶段为等速干燥阶段，是干燥过程中最主要的阶段。在此阶段中，水分的蒸发仅发生在坯体表面上，干燥速度等于自由水面的蒸发速度，虽然水分大量排出，但速度恒定。因此，干燥速度取决于干燥介质(空气)的温度、湿度及运动速度，而与坯体的厚度(或粒度)及最初含水量无关。

第三阶段是降速干燥阶段，随着干燥时间的增长，坯体含水量减少，水分从表面蒸发的速度超过自坯体内部向表面扩散的速度。因此干燥速度受水分的扩散速度控制，受空气的温度、湿度及运动速度的影响较小。

第四阶段为平衡干燥阶段，即干燥速度逐渐接近于零，最终坯体水分不再减少。当空气的温度低于 100℃时，保留在坯体中的水分称为平衡水分。这部分水分被固体颗粒牢固地吸附着。

7. 以硅酸盐制品为例，简述常压烧结过程。

答：(1) 烧结：使坯体显气孔率接近于零，达到完全致密程度状态的过程。

(2) 硅酸盐制品的常压烧结过程：

① 坯体排出水分阶段 (10~200℃)：在该阶段中，主要是排出坯体中残存的自由水和大气吸附水。水分的排除，使坯体中留下气孔，具有透气性，有利于下一阶段反应的进行。

② 分解、氧化阶段 (200~1000℃)：这一阶段发生的物理化学变化依原料种类而异，有排出化学结合水、硅酸盐或硫酸盐分解、有机物的氧化燃烧等。此外还可能有晶型转变发生或少量低熔液相的开始生成。此时坯体的重量减轻，气孔率进一步增大，强度亦有较大变化。

③ 液相形成和晶相合成阶段 (>1000℃)：分解作用将继续进行，随温度升高，液相生成量增加，液相粘度降低，某些新矿物相开始形成，并进行溶解重结晶。由于液相的扩散、流动、溶解、沉析传质的进行，颗粒在液相表面张力作用下，进一步靠拢而促使坯体致密化，使其强度增大、体积缩小、气孔率降低、烧结急剧进行。

④ 烧结阶段：坯体中各种反应趋于完全、充分，液相数量继续增加，结晶相进一步成长而达到致密化，即所谓“烧结”。

⑤ 冷却阶段：从最高烧成温度至室温的冷却过程中，主要发生玻璃相的析晶、某些晶相的晶型转变、玻璃相的固化等过程。在此过程中，坯体的强度、密度、体积依品种不同都有相应的变化。

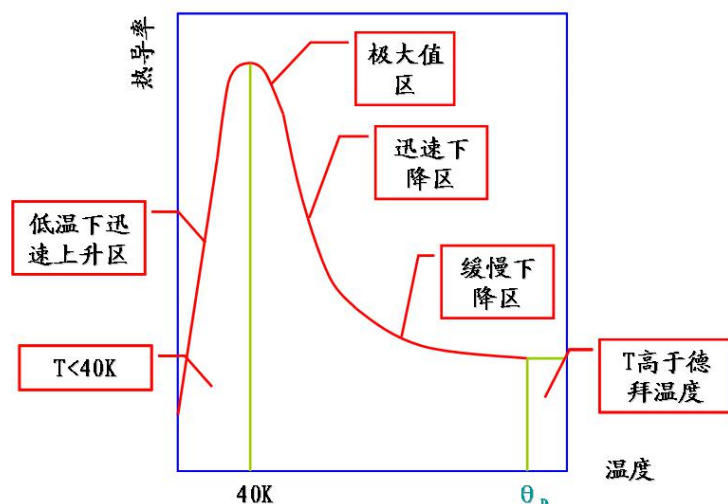
作业 4

1. 简述温度对无机晶体材料热容、热膨胀、热传导、热稳定性的影响？

答：(1) 温度对无机晶体材料热容的影响：当温度远高于德拜温度时，无机晶体材料的摩尔比热容 (或 C_v) 遵循杜隆-珀替定律，变化很小，是一个与构成固体的物质无关的常量 ($3R$)。当温度远低于德拜温度时，摩尔比热容 (或 C_v) 将遵循量子规律，而与热力学温度的三次方成正比，即 $C_v \propto T^3$ 。随着温度接近绝对零度而迅速趋近于零。

(2) 温度对无机晶体材料热膨胀的影响：无机晶体材料热膨胀随温度升高而增大。

(3) 温度对无机晶体材料热传导的影响：温度对无机晶体材料热传导的影响见下图。



在低温时，热导率 λ 与 T^3 成比例。高温时， λ 则迅速降低，在40K附近，出现极大值。当达到1600K时，由于辐射传热， λ 又有所升高。

(4) 温度对无机晶体材料热稳定性的影响：无机晶体材料热稳定性随温度的升高而降低。

2. 试说明材料介电性、压电性、热释电性、铁电性的形成机理。

答：(1) 介电性：材料在电场作用下产生感应电荷的性质。

形成机理：极化，即介质内质点(原子、分子、离子)正负电荷重心的分离，从而转变成偶极子。或在外电场作用下，正、负电荷尽管可以逆向移动，但它们并不能挣脱彼此的束缚而形成电流，只能产生微观尺度的相对位移并使其转变成偶极子的过程。

(2) 压电性：某些晶体材料按所施加的机械应力成比例地产生电荷的能力。

形成机理：由于晶体受机械作用(应力与应变)而引起正负离子相对位移产生偶极子，引起了晶体介质的极化，导致两端表面内出现符号相反的束缚电荷。

(3) 热释电性：由于温度的变化而引起晶体表面荷电的现象。

形成机理：由于晶体受热膨胀而引起正负离子相对位移产生偶极子，引起了晶体介质的极化，从而导致致晶体的总电矩发生改变。

(4) 铁电性：晶体中的电偶极子由于它们的相互作用而产生自发平行排列的现象。

形成机理：所谓自发极化，即这种极化状态并非由外电场所造成的，而是由晶体的内部结构特点造成的，晶体中每一个晶胞里存在固有电偶极矩。

3. 试分析反射、折射、吸收、散射对材料透光性的影响。

答：影响材料透光性的各种因素：

① 反射：反射系数愈大，两个表面的界面反射损失就愈大，材料的透光性就愈差。

② 折射：材料对周围环境的相对折射率大，反射损失也大。

③ 吸收：吸收系数愈大，吸收损失就愈大，材料的透光性就愈差。

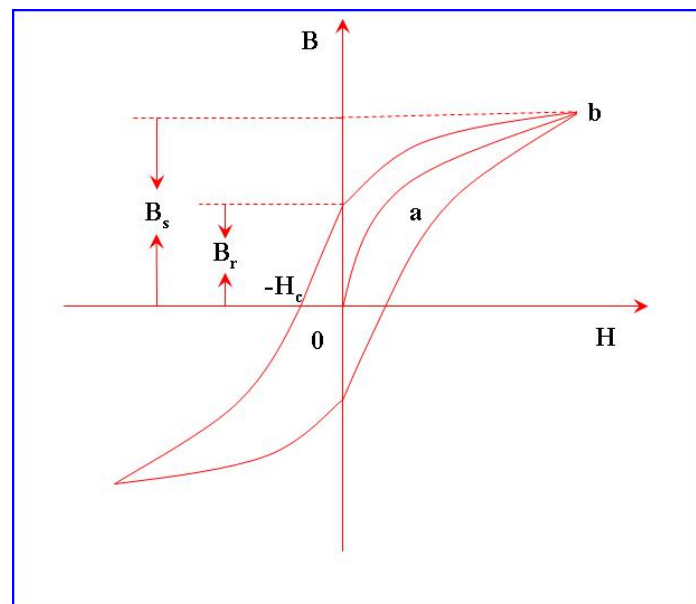
④ 散射：散射系数愈大，材料的宏观及微观缺陷、晶粒排列方向的影响、气孔引起

的散射损失就愈大，材料的透光性就愈差。

4. 简述材料铁磁性的形成机理，并画出其磁滞回线。

答：(1)铁磁性的形成机理：铁磁物质内部存在很强的“分子场”，在“分子场”的作用下，原子磁矩趋于同向平行排列，即自发磁化至饱和，称为自发磁化；铁磁体自发磁化分成若干个小区域(这种自发磁化至饱和的小区域称为磁畴)，由于各个区域(磁畴)的磁化方向各不相同，其磁性彼此相互抵消，所以大块铁磁体对外不显示磁性。磁性材料的磁性是自发产生的。所谓磁化过程(又称感磁或充磁)只不过是把物质本身的磁性显示出来，而不是由外界向物质提供磁性的过程。实验证明，铁磁质自发磁化的根源是原子(正离子)磁矩，而且在原子磁矩中起主要作用的是电子自旋磁矩。与原子顺磁性一样，在原子的电子壳层中存在没有被电子填满的状态是产生铁磁性的必要条件。

(2)铁磁体的磁滞回线：



B_s ：饱和磁化强度； H_c ：矫顽力； B_r ：剩余磁化强度。

5. 画出低碳钢的应力-应变曲线，标出其力学特征，并说明各种力学特征的含义？

答：低碳钢的应力-应变曲线见下图，力学特征有：

①比例极限 σ_p ：保证材料的弹性变形按正比关系变化的最大应力，即在拉伸应力-应变曲线上开始偏离直线时的应力值。

$$\sigma_p = F_p / A_0$$

②弹性极限 σ_e ：材料由弹性变形过渡到弹-塑性变形时的应力。应力超过弹性极限以后，材料便开始产生塑性变形。

$$\sigma_e = F_e / A_0$$

③屈服强度 σ_s ：材料发生屈服现象时的屈服极限，亦即抵抗微量塑性变形的应力。

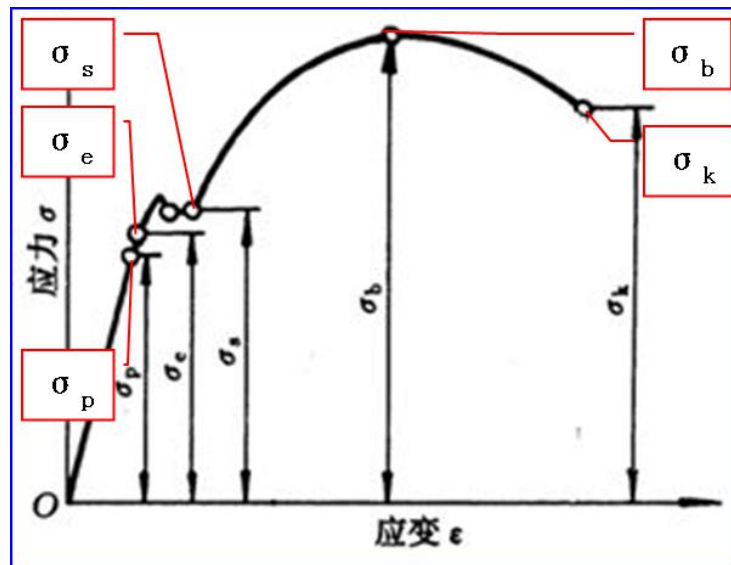
$$\sigma_s = F_s / A_0$$

④抗拉强度 σ_b : 材料由均匀塑性变形向局部集中塑性变形过渡的临界值, 也是材料在静拉伸条件下的最大承载能力。

$$\sigma_b = F_b / A_0$$

⑤断裂强度 σ_k (拉伸条件): 材料在静拉伸条件下发生断裂时的应力。

$$\sigma_k = F_k / A_0$$



6. 磨损失效类型有哪些? 腐蚀失效类型有哪些?

答: (1)磨损失效: 导致机件尺寸变化和质量损失的表面损伤。

(2)磨损失效类型: 粘着磨损、磨粒磨损、腐蚀磨损、疲劳磨损。

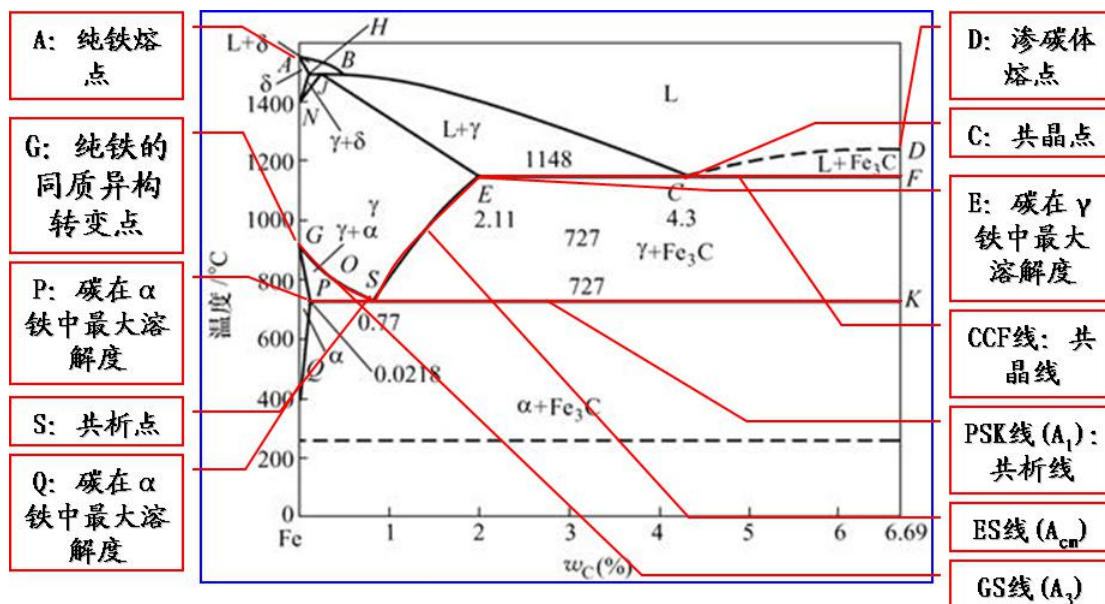
(3)腐蚀失效: 材料表面和周围介质发生化学反应或电化学反应所引起的表面损伤。

(4)腐蚀失效类型: 高温氧化腐蚀、电化学腐蚀、应力腐蚀、腐蚀疲劳。

作业 5

1. 画出铁碳相图, 并简述铁碳相图中的特征点、特征线的意义。

答: (1)铁碳相图如图所示。



(2) 铁碳相图中的特征点

特性点	温度/°C	$w_C(\%)$	含义
A	1538	0	纯铁的熔点
D	1227	6.69	渗碳体的熔点
C	1148	4.3	共晶点
E	1148	2.11	碳在奥氏体中的最大溶解度
G	912	0	纯铁的同质异构转变点
P	727	0.0218	碳在铁素体中的最大溶解度
S	727	0.77	共析点
Q	600	0.006	碳在铁素体中的溶解度

(3) 铁碳相图中的特征线

①ECF 水平线：共晶反应线，1148°C。

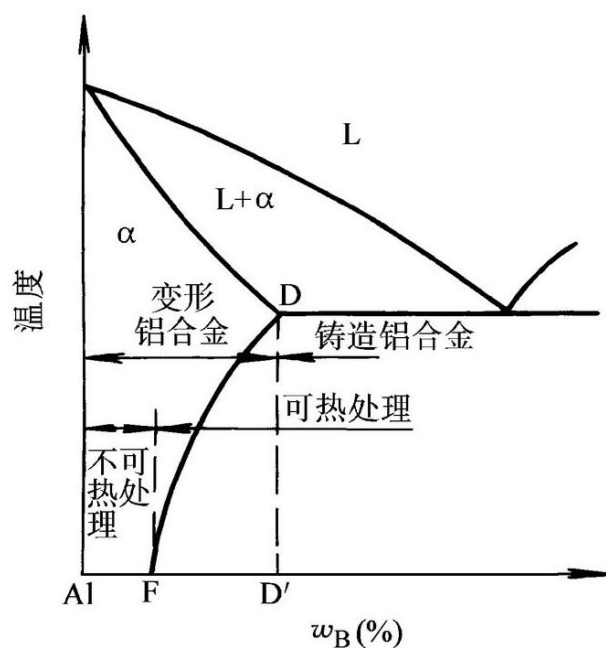
②PSK 线 (A_1 线)：共析反应线，727°C。

③GS 线 (A_3 线)：冷却时自 A 中开始析出 F 的临界温度线，912°C-727°C。

④ES 线 (A_{cm} 线)：碳在 A 中的固溶线，将在 A 中析出 Fe_3C_{II} ，1148°C-727°C。亦称从 A 中开始析出 Fe_3C_{II} 的临界温度线。

2. 画出铝合金相图，并说明变形铝合金与铸造铝合金的区别。

答：(1) 铝合金相图如下。



(2) 变形铝合金与铸造铝合金的区别

①**组成与结构**：变形铝合金为铝合金相图 D 点已左成分的合金，含有大量塑性很好的 α 固溶体。铸造铝合金为铝合金相图 D 点已右成分的合金，含有塑性较差的共晶组织。

②**性能与使用效能**：变形铝合金具有良好的塑性和压力加工性能，可采用锻造、轧制、挤压等压力加工方法制成板材、带材、棒材、管材、线材等各种型材。铸造铝合金具有良好的铸造性能，可直接浇铸成铝合金铸件。

③**合金类型**：变形铝合金可进一步分为可热处理和不可热处理强化两类，包括防锈铝合金、硬铝合金、超硬铝合金、锻造铝合金。铸造铝合金包括 Al-Si 系、Al-Cu 系、Al-Mg 系、Al-Zn 系等。

3. 解释黄铜、青铜、白铜的区别。

答：(1) **黄铜**：以锌为主要合金元素的铜合金，具有美观的黄色。

(2) **青铜**：含铝、硅、铅、铍、锰等的铜基合金，分为压力加工青铜和铸造青铜。

(3) **白铜**：以镍为主要添加元素的铜基合金。

作业 6

1. 普通陶瓷的生产工艺流程及其特点？

答：(1) **普通陶瓷的生产工艺过程**：原料制备→(配料)→(泥料混练)→成型→干燥→施釉→烧成→(成品加工)等工序。

(2) **普通陶瓷的生产工艺流程特点**：

①**原料制备**：可塑性原料：高岭土、伊利石、蒙脱石等粘土矿物；弱塑性原料：叶腊石和滑石；非塑性原料：石英砂、粘土烧熟料、长石。

②**成型**：主要有可塑成型、注浆成型、压制成型等3种方法。

③**干燥**：干燥过程分为升速干燥阶段、等速干燥阶段、降速干燥阶段、平衡干燥阶段等四个阶段。干燥方法主要有热气干燥、电热干燥、高频干燥、微波干燥、近红外与远红外干燥。

④**烧结**：烧结是陶瓷制备中重要的一环，伴随烧结发生的主要变化是颗粒间接触界面扩大并逐渐形成晶界；气孔从连通逐渐变成孤立状态并缩小，最后大部分甚至全部从坯体中排除，使成型体的致密度和强度增加，成为具有一定性能和几何外形的整体。烧结过程分为初期、中期和后期三个时期，五个阶段。烧结方法主要是常压烧结。

⑤**施釉**：釉是附着在陶瓷坯体表面上的一层很薄的玻璃体。施釉制品分一次烧成和二次烧成工艺。

2. 传统熔体冷却法制备玻璃的工艺过程及特点？

答：(1)传统熔体冷却法制备玻璃的工艺过程：原料制备→配料→熔融→成型→退火→成品加工。

(2)传统熔体冷却法制备玻璃的工艺特点：

①**原料制备**：硅砂：28.9%(质量分数)；砂岩：34.00%；白云石：14.10%；纯碱：16.14%。

②**配料**：对于配合料的主要要求：①组成正确和稳定；②具有一定的颗粒级配；③具有一定的水分：3%~7%；④具有一定的气体率；⑤均匀性良好。

③**熔融**：将配合料在池窑中经过高温加热形成均匀的、无气泡并符合成型要求的玻璃液的过程。熔融是玻璃生产中很重要的环节，玻璃的许多缺陷都是在熔制过程中造成的，玻璃的产量、质量、合格率、生产成本、燃料消耗和池窑寿命等都与玻璃的熔融密切相关。玻璃熔融包括一系列物理的、化学的、物理化学的变化过程。熔融过程分为硅酸盐形成、玻璃形成、澄清、均化和冷却等5个阶段。

④**成型**：成型是熔融的玻璃液转变为具有固定几何形状制品的过程。玻璃成型的方法有压制法、吹制法、拉制法、压延法、浇注法、离心法、喷吹法、漂浮法、烧结法以及焊接法等。成型过程分为成型和定型两个阶段。成型是赋予制品以一定的几何形状；定型是把制品的形状固定下来，玻璃的定型通过温度降低进行的。

⑤**退火**：消除或减少玻璃中热应力至允许值的热处理过程。玻璃制品在成型后的冷却过程中，经受激烈的、不均匀的温度变化，产生的热应力会导致大多数制品在存放、加工及使用中自行破裂，所以一般玻璃制品在成型或热处理后要经过退火以减少或消除热应力。

3. 简述硅酸盐水泥熟料矿物的形成过程？

答：硅酸盐水泥熟料矿物的形成过程如表所示。

程序	温度范围(℃)	反应产物
干燥与脱水	27 ~ 600	H ₂ O释出同时生成偏高岭石 2SiO ₂ ·Al ₂ O ₃
碳酸盐分解	500 ~ 1000	CaO由小于2%增至17%
铝硅酸盐分解	660 ~ 950	形成SiO ₂ + Al ₂ O ₃
固相反应	550 ~ 1280	形成C ₂ S + C ₁₂ A ₇ + C ₃ A + C ₂ (A, F) + C ₄ AF
液相烧结	1280 ~ 1450	形成C ₃ S + C ₂ S + 熔体
冷却结晶	1300 ~ 1000	形成C ₃ S + C ₂ S + C ₃ A + C ₄ AF + 玻璃体

①干燥与脱水。干燥：生料中自由水和吸附水的蒸发。脱水：生料中粘土矿物放出其结合水，形成偏高岭石。

②碳酸盐和铝硅酸盐分解。形成氧化钙、二氧化硅和氧化铝。

③固相反应。在生料煅烧过程中，碳酸钙分解的组分与粘土分解的组分提供质点间相互扩散，进行固相反应，随温度升高，反应生成硅酸二钙、七铝酸十二钙、铝酸三钙、铁铝酸二钙、铁铝酸四钙。

④液相烧结和熟料结晶。占硅酸盐水泥熟料 45~65%的 C₃S 是在熟料液相出现后形成的。它由已形成的 C₂S 和未结合的 CaO 在液相中扩散反应所生成。熔体含量有限，粘

度较大，便只能形成熟料球那样的烧结产物。其反应式：
$$\text{C}_2\text{S} + \text{CaO} \xrightarrow{\text{液相}} \text{C}_3\text{S}$$

液相烧结和熟料结晶是煅烧水泥的关键，必须要有足够的时间使 C₃S 生成反应进行完全，否则，残存的游离 CaO 将严重影响水泥质量。经过上述各阶段煅烧，形成硅酸盐水泥熟料，其矿物组成主要是 C₃S、C₂S、C₃A、C₄AF，其中 C₃S+C₂S 占 70%。

⑤熟料的强制冷却。其目的是回收熟料带走的热量，预热二次空气，提高窑的热效率；迅速冷却熟料以改善熟料质量与易磨性；降低熟料温度，便于熟料的运输、储存与粉磨。物料在 1250~1450~1250℃烧结，紧接着将其快速冷却，可得到最好的熟料。

作业 7

1. 名词解释：单体、结构单元、重复单元、聚合度。

答：①单体：可与同种或其他分子聚合而生成高分子物质的那些小分子原料。

②**结构单元(链节)**:组成高分子链的那些最简单的反复出现的结构式,这些结构式通常与合成它们的单体相似或有关。

③**重复单元**:高分子链中反复出现的原子集合结构(重复出现的最小单元)。

④**聚合度**:聚合物分子链中连续出现的重复单元(或称链节)的次数。用 n 表示。

2. 什么叫加聚反应? 什么叫缩聚反应? 各有何特征?

答:①**加聚反应**:由一种或多种单体相互加成,或由环状化合物开环相互结合成聚合物的反应。加聚反应的单体含有双键。

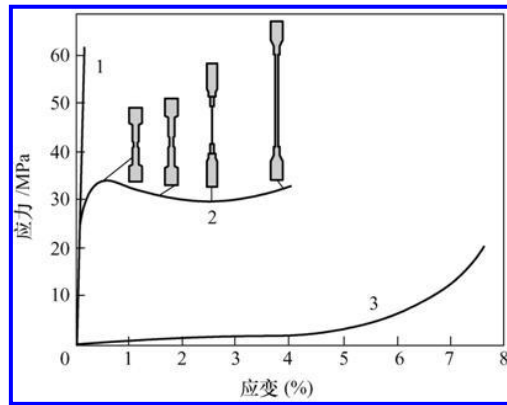
②**加聚反应特征**:烯类单体的加聚反应主要按链式聚合反应的机理进行,链式聚合的特征是整个聚合过程由链引发、链增长、链终止等几步基元反应组成。其体系始终由单体相对分子质量高的高分子和微量引发剂组成,没有相对分子质量递增的中间产物。随着聚合时间的延长,高分子物质的生成量逐渐增加,而单体则逐渐减少。加聚物分为均聚物和共聚物。均聚物:仅由一种单体聚合而成的,其分子链中只包含一种单体构成的链节,这种聚合反应称均聚反应,生成的聚合物称均聚物。聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚异戊二烯等碳链聚合物都是由加聚反应制得的。共聚物:由两种或两种以上单体同时进行聚合,则生成的聚合物含有多种单体构成的链节,这种聚合反应称为共聚反应,生成的聚合物称为共聚物。如工程塑料,是由丙烯腈(acrylonitrile 以 A 表示),丁二烯(butadiene, 以 B 表示),苯乙烯(styrene, 以 S 表示)三种不同单体共聚而成的。

③**缩聚反应**:由一种或多种单体相互缩合生成高聚物,同时有低分子物质(如水、卤化氢、氨、醇等)析出的反应。所生成的高聚物的化学组成与单体的组成不同(少若干原子)。

④**缩聚反应特征**:绝大多数缩聚反应遵循逐步聚合机理,在反应初期,大部分单体很快聚合成二聚体、三聚体、四聚体等低聚物,短期内转化率很高。随后,低聚物间继续反应,当转化率大于 98% 时,逐渐变成高聚物。缩聚物中留有官能团的结构特征,因此多为杂链聚合物。尼龙、涤纶、环氧树脂等都是通过缩聚反应合成的。

3. 简述三种类型的高分子材料的拉伸应力-应变曲线。这三类曲线分别对应哪种类型的高分子材料? 解释三类拉伸应力-应变曲线的变形机理。

答:(1)**高分子材料的拉伸应力-应变曲线**:高分子材料的种类庞大,即使是同种高分子材料,其相对分子质量也不同,因此表现出不同的力学性能,其拉伸应力-应变曲线也各不相同。高分子材料的拉伸应力-应变曲线大致分为三类。



(2) 这三类曲线分别对应的高分子材料类型。

①**脆性型**：该类材料弹性模量高，断裂伸长率很小。如热固性塑料等脆性高分子材料；

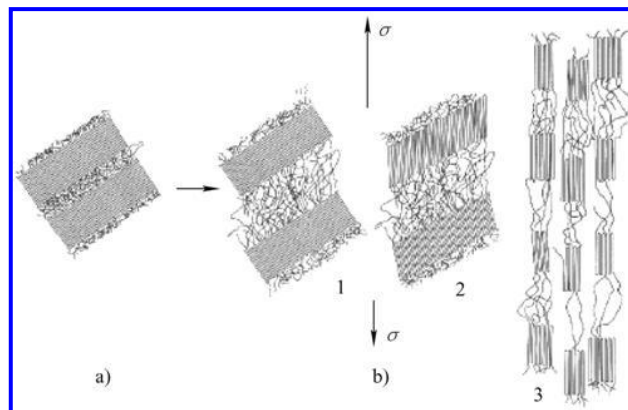
②**韧性型**：该类材料的弹性模量、屈服强度及拉伸强度都较高，断裂伸长率也较大。如热塑性塑料等塑性高分子材料；

③**高弹型**：此类材料的弹性模量和屈服强度低，断裂伸长率大。如橡胶等高弹性高分子材料。

(3) 三类高分子材料拉伸应力-应变曲线的变形机理

①**热固性塑料(脆性型高分子材料)变形机理**：热固性塑料具有很高的交联密度，形成网状结构，在外力作用下很难变形。

②**热塑性塑料(结晶高分子材料)变形机理**：热塑性塑料变形机理如图所示。



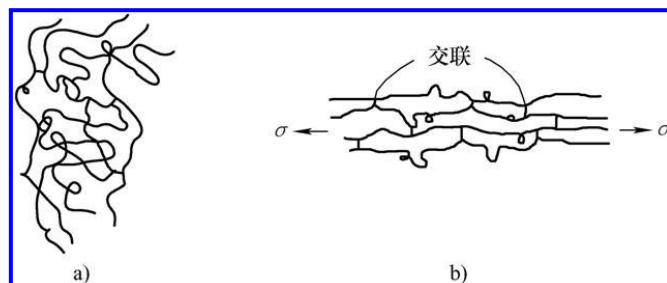
I. 在拉伸应力作用下，变形从材料强度最弱的非晶区开始，在晶片之间的最弱非晶区发生倾斜、转动甚至滑移，造成非晶区的分子链段取向，即分子链沿外应力场方向平行排列。

II. 随着外应力场的增大，晶区部分晶片中的折叠链被拉伸成直链，使原有的晶片结构部分或全部破坏形成新的取向折叠链晶片。

III. 随着外应力场的进一步增大，非晶区分子链沿着外应力场进一步取向，晶区内形成进一步碎化取向的折叠链晶片，形成贯穿在晶片之间的伸直链组成的微观结构，称为晶区取向。在材料最弱处的宏观部位表现出缩颈现象。

③**非晶态高分子材料变形机理**：橡胶等高弹型高分子材料的变形机理如图所示。

受力前，分子链链段杂乱排列。受力时，整个分子链沿外力方向平行排列(称为取向)，取向过程可看成分子在外场作用下的有序化过程。外场除去后，分子热运动又会使分子重新回复无序化，即解取向。非晶态高分子材料的取向状态在热力学上是一种非平衡态。



4. 塑料及其分类，橡胶及其分类。

答：①**塑料**：以聚合物为主要成分，加入适量添加剂，在一定条件下可塑化成型，在常温下能保持既定形状的有机高分子材料。目前，塑料产品达 15000 多种，产量占合成高分子材料总产量的 70%。

②**塑料受热后的形态和性能分类**：热塑性塑料和热固性塑料。

③**塑料制品的用途分类**：通用塑料、工程塑料和特殊塑料。

④**橡胶**：在常温下呈高弹性的高分子材料。橡胶的高弹性源于其大分子链的长链特征、柔顺性和高缠结性。橡胶的相对分子质量较大，为几十万到上百万。

⑤**橡胶的来源分类**：天然橡胶和合成橡胶，合成橡胶按其性能和用途可分为通用合成橡胶和特种合成橡胶。

5. 热塑性塑料有哪些主要加工方法？各有何主要特点？

答：**热塑性塑料的主要加工方法**：挤出成型、注射模塑法成型、压延成型、吹塑成型。

①**挤出成型**。热塑性塑料的最主要成型加工方法。挤出成型设备主要包括挤出部分和机头口型部分。挤出部分主要为螺杆挤出机，用以塑化、输送、计量物料；机头口型部分主要是机头、口型及定型、牵引机构，借以将物料制成规定形状和尺寸的制品。

②**注射模塑法成型**：一种生产形状结构复杂、尺寸精确的塑料制品的成型方法。注射模塑法成型主要设备：螺杆式往复注射机和注射模。注射模塑成型过程：送料→塑化→充模→脱模。

③**压延成型**：将加热塑化的热塑性塑料通过两个以上相向旋转的热滚筒间隙，使其成为规定尺寸的连续均匀片(膜)材的成型方法。

④**吹塑成型**：用于热塑性塑料中空制品的成型，其产品包括塑料瓶、水壶及大型容器等。

作业 8

1. 复合材料及其分类和特点？

答：(1) 复合材料：由两种或两种以上不同化学性质或不同组织相或不同功能的材料以微观或宏观的形式组合而成的材料。

(2) 性能分类：结构复合材料和功能复合材料。

(3) 基体相材料分类：金属基、陶瓷基、水泥基、塑料基、橡胶基复合材料等。

(4) 增强相形状分类：颗粒增强、纤维增强和面层复合材料。

(5) 复合材料共同的特点：

①可综合发挥各种组成材料的优点，使一种材料具有多种性能，具有天然材料所没有的性能。

②可按对材料性能的需要进行材料的设计和制造。

③可制成所需任意形状的产品，可避免多次加工工序。

性能的可设计性是复合材料的最大特点。

2. 颗粒增强与纤维增强的作用机制有何不同？

答：(1) 纤维增强的作用机制：在纤维增强复合材料中，基体起粘接纤维和传递力的作用，纤维是主要承载成分，起骨架作用，因而纤维的性能、在基体中的含量、分布及纤维与基体的粘结力等对复合材料的力学性能影响极大。

(2) 颗粒增强的作用机制：基体相承受载荷，颗粒在基体相中高度分散，其作用因基体种类不同而不同，如在金属中颗粒有阻止产生位错的能力，在陶瓷中有裂纹屏蔽效应等，从而起到强化基体的作用。颗粒增强主要表现在分散粒子阻止基体位错的能力方面，或者是使晶体内部原子行列间相互滑移终止或减弱；或者因外来组分的引入占据了晶格中晶格结点的一些位置，破坏了基质点排列的有序性，引起周围势场的畸变，造成结构不完整而产生缺陷。这些缺陷的存在有可能成为微裂纹的沉没处。如果裂纹的扩展终止于晶界缺陷处，无疑有改善材料强度的作用。