



材料科学基础 名词解释

为了梦想，加油！

固相烧结：固态粉末在适当的温度，压力，气氛和时间条件下，通过物质与气孔之间的传质，变为坚硬、致密烧结体的过程。

液相烧结：有液相参加的烧结过程。

金属键：自由电子与原子核之间静电作用产生的键合力。

离子键：金属原子自己最外层的价电子给予非金属原子，使自己成为带正电的正离子，而非金属得到价电子后使自己成为带负电的负离子，这样正负离子靠它们之间的静电引力结合在一起。

共价键：由两个或多个电负性相差不大的原子间通过共用电子对而形成的化学键。

氢键：由氢原子同时与两个电负性相差很大而原子半径较小的原子（O，F，N等）相结合而产生的具有比一般次价键大的键力。

弗兰克缺陷：间隙空位对缺陷

肖脱基缺陷：正负离子空位对的

奥氏体： γ 铁内固溶有碳和(或)其他元素的、晶体结构为面心立方的固溶体。

布拉菲点阵：除考虑晶胞外形外，还考虑阵点位置所构成的点阵。

不全位错：柏氏矢量不等于点阵矢量整数倍的位错称为不全位错。

玻璃化转变温度：过冷液体随着温度的继续下降，过冷液体的黏度迅速增大，原子间的相互运动变得更加困难，所以当温度降至某一临界温度以下时，即固化成玻璃。这个临界温度称为玻璃化温度 T_g 。

表面能：表面原子处于不均匀的力场之中，所以其能量大大升高，高出的能量称为表面自由能（或表面能）。

半共格相界：若两相邻晶体在相界面处的晶面间距相差较大，则在相界面上不可能做到完全的一一对应，于是在界面上将产生一些位错，以降低界面的弹性应变能，这时界面上两相原子部分地保持匹配，这样的界面称为半共格界面或部分共格界面。

柏氏矢量:描述位错特征的一个重要矢量,它集中反映了位错区域内畸变总量的大小和方向,也使位错扫过后晶体相对滑动的量。

柏氏矢量物理意义:

① 从位错的存在使得晶体中局部区域产生点阵畸变来说:一个反映位错性质以及由位错引起的晶格畸变大小的物理量。

② 从位错运动引起晶体宏观变形来说:表示该位错运动后能够在晶体中引起的相对位移。

部分位错:柏氏矢量小于点阵矢量的位错

包晶转变:在二元相图中,包晶转变就是已结晶的固相与剩余液相反应形成另一固相的恒温转变。

包析反应:由两个固相反应得到一个固相的过程为包析反应。

包析转变:两个一定成分的固相在恒温(T)下转变为一个新的固相的恒温反应。

包析转变与包晶转变的相图特征类似,只是包析转变中没有液相,只有固相。

粗糙界面:界面的平衡结构约有一半的原子被固相原子占据而另一半位置空着,这时界面称为微观粗糙界面。

重合位置点阵:当两个相邻晶粒的位相差为某一值时,若设想两晶粒的点阵彼此通过晶界向对方延伸,则其中一些原子将出现有规律的相互重合。由这些原子重合位置所组成的比原来晶体点阵大的新点阵,称为重合位置点阵。

成分过冷:界面前沿液体中的实际温度低于由溶质分布所决定的凝固温度时产生的过冷。

超塑性:某些材料在特定变形条件下呈现的特别大的延伸率。

超结构(超点阵,有序固溶体):对某些成分接近于一定的原子比(如AB或AB₃)的无序固溶体中,当它从高温缓冷到某一临界温度以下时,溶质原子会从统计随机分布状态过渡到占有固定位置的规则排列状态,即发生有序化过程,形成有序固溶体。

动态回复：在塑变过程中发生的回复。

动态再结晶：在塑变过程中发生的再结晶。特点：反复形核，有限长大，晶粒较细。包含亚晶粒，位错密度较高，强度硬度高。

点阵畸变：在局部范围内，原子偏离其正常的点阵平衡位置，造成点阵畸变。

点阵常数：单胞的棱长。

单位位错：把柏氏矢量等于单位点阵矢量的位错称为单位位错。

堆垛层错：实际晶体结构中，密排面的正常堆垛顺序有可能遭到破坏和错排。

大角度晶界：相邻晶粒的位相差大于 10°

单晶体：是指在整个晶体内部原子都按照周期性的规则排列。

多晶体：是指在晶体内每个局部区域里原子按周期性的规则排列，但不同局部区域之间原子的排列方向并不相同，因此多晶体也可看成由许多取向不同的小单晶体（晶粒）组成

多滑移：当外力在几个滑移系上的分切应力相等并同时达到了临界分切应力时，产生同时滑移的现象。

多形性：当外界条件（温度和压力）改变时，元素的晶体结构可以发生转变，把这种性质称为多形性。

多边形化：由于位错运动使其由冷塑性变形时的无序状态变为垂直分布，形成亚晶界，这一过程称多边形化。

对称倾斜晶界：晶界两侧晶体互相倾斜 晶界的界面对于两个晶粒是对称的，其晶界视为一系列平行的刃型位错组成。

电子化合物：电子化合物是指由主要电子浓度决定其晶体结构的一类化合物，又称休姆-罗塞里相。凡具有相同的电子浓度，则相的晶体结构类型相同。

电负性：元素获得或吸引电子的相对倾向。

电离势：从孤立的中性原子中去掉一个电子所需的能量。

电子亲合力：孤立的中性负电性原子得到一个电子所释放出的能量。

电子浓度：化合物中每个原子平均所占有的价电子数，用 e/a 表示。

二次再结晶：再结晶结束后正常长大被抑制而发生的少数晶粒异常长大的现象。

二次硬化：高温回火时回火硬度高于淬火硬度的现象。

非晶体：原子没有长程的周期排列，无固定的熔点，各向同性等。

范德华键：由瞬间偶极矩和诱导偶极矩产生的分子间引力所构成的物理键。

范德华力：借助微弱的、瞬时的电偶极矩的感应作用将原来具有稳定的原子结构的原子或分子结合为一体的键合。

弗兰克尔空位：离开平衡位置的原子挤入点阵中的间隙位置，而在晶体中同时形成相等数目的空位和间隙原子。

非共格晶界：当两相在相界处的原子排列相差很大时，即错配度 δ 很大时形成非共格晶界。同大角度晶界相似，可看成由原子不规则排列的很薄的过渡层构成。

非均匀形核：新相优先在母相中存在的异质处形核，即依附于液相中的杂质或外来表面形核。

固溶体：是以某一组元为溶剂，在其晶体点阵中溶入其他组元原子（溶剂原子）所形成的均匀混合的固态溶体，它保持溶剂的晶体结构类型。

固溶强化：由于合金元素（杂质）的加入，导致的以金属为基体的合金的强度得到加强的现象。原因：由于溶质原子与位错相互作用的结果，溶质原子不仅使晶格发生畸变，而且易被吸附在位错附近形成柯氏气团，使位错被钉扎住，位错要脱钉，则必须增加外力，从而使变形抗力提高。

割阶：若由运动的位错线或发生交割形成的曲折线段垂直于位错的滑移面时，则称为割阶。

扭折：若由运动的位错线或发生交割形成的曲折线段在位错的滑移面上时，称为扭折。

过饱和的点缺陷：通过改变外部条件形成点缺陷，包括高温淬火、冷变形加工、高能粒子辐照等，这时的点缺陷浓度超过了平衡浓度，称为过饱和的点缺陷

过冷：结晶只有在 T_0 以下的实际结晶温度下才能进行，这种现象称为过冷。

过冷度：相变过程中冷却到相变点以下某个温度后发生转变，平衡相变温度与该实际转变温度之差称过冷度。

光滑界面：界面的平衡结构应是只有少数几个原子位置被占据，或者极大部分原子位置都被固相原子占据，即界面基本上为完整的平面，这时界面呈光滑界面。

共晶转变：合金系中某一定化学成分的合金在一定温度下，同时由液相中结晶出两种不同成分和不同晶体结构的固相的过程称为共晶转变。

共析转变：由一种固相分解得到其他两个不同固相的转变。

共析反应：是指在一定温度下，由一定成分的固相同时析出两个成分和结构完全不同的新固相的过程。共析转变也是固态相变

共格相界：如果两相界面上的所有原子均成一一对应的完全匹配关系，即界面上的原子同时处于两相晶格的结点上，为相邻两晶体所共有，这种相界就称为共格相界。

滑移线：材料在屈服时，试样表面出现的线纹称为滑移线。

滑移带：滑移线的集合构成滑移带，滑移带是由更细的滑移线所组成

滑移：在外加切应力的作用下，通过位错中心附近的原子沿柏氏矢量方向在滑移面上不断地作少量的位移而逐步实现的。

位错滑移的特点

- 1) 刃型位错滑移的切应力方向与位错线垂直，而螺型位错滑移的切应力方向与位错线平行；
- 2) 无论刃型位错还是螺型位错，位错的运动方向总是与位错线垂直的；（伯氏矢量方向代表晶体的滑移方向）

3) 刃型位错引起的晶体的滑移方向与位错运动方向一致，而螺型位错引起的晶体的滑移方向与位错运动方向垂直；

4) 位错滑移的切应力方向与柏氏矢量一致；位错滑移后，滑移面两侧晶体的相对位移与柏氏矢量一致。

5) 对螺型位错，如果在原滑移面上运动受阻时，有可能转移到与之相交的另一滑移面上继续滑移，这称为交滑移（双交滑移）

滑移系:晶体中一个滑移面及该面上一个滑移方向的组合称一个滑移系。

回复:指新的无畸变晶粒出现之前所产生的亚结构和性能变化的阶段。

合金:两种或两种以上的金属或金属与非金属经熔炼、烧结或其他方法组合而成并具有金属特性的物质。

合晶转变是由两个成分不同的液相 L1 和 L2 相互作用形成一个固相，即 $L1 + L2 \rightarrow b$

混合位错：其滑移矢量既不平行也不垂直于位错线，而与位错线相交成任意角度，这种位错称为混合位错。

近程有序：在非晶态结构中，原子排列没有规律周期性，原子排列从总体上是无规则的，但是，近邻的原子排列是有一定的规律的这就是“短程有序”。

结构起伏：液态结构的原子排列为长程无序，短程有序，并且短程有序原子集团不是固定不变的，它是一种此消彼长、瞬息万变、尺寸不稳定的结构，这种现象称为结构起伏。

晶体结构：晶体中原子（分子或离子）在三维空间的具体排列方式,其类型取决于原子的结合方式，阵点的位置上可以是一个或多个实际质点或者原子团，其种类可以是无限的。

晶格：人为地将阵点用一系列相互平行的直线连接起来形成空间架格。

晶格畸变：点缺陷破坏了原子的平衡状态，使晶格发生扭曲，称晶格畸变。从而使强度、硬度提高，塑性、韧性下降；电阻升高，密度减小等。

晶面：点阵中阵点组成的面，表示原子面。

晶向：点阵中阵点的连线，表示原子列的方向。

晶体：原子按一定方式在三维空间内周期性地规则重复排列，有固定熔点、各向异性。

晶粒长大：是指再结晶结束后晶粒的长大过程，在晶界界面能的驱动下，新晶粒会发生合并长大，最终达到一个相对稳定的尺寸。

晶带轴：所有平行或相交于某一晶向直线的晶面构成一个晶带，此直线称为晶带轴。

间隙固溶体：溶质原子分布于溶剂晶格间隙而形成的固溶体称为间隙固溶体。

晶胞：在点阵中取出一个具有代表性的基本单元（最小平行六面体）作为点阵的组成单元，称为晶胞。

间隙相：当非金属（X）和金属（M）原子半径的比值 $r_X/r_M < 0.59$ 时，形成的具有简单晶体结构的相，称为间隙相。

间隙化合物：当非金属（X）和金属（M）原子半径的比值 $r_X/r_M > 0.59$ 时，形成具有复杂晶体结构的相，
106、大角度晶界：多晶材料中各晶粒之间的晶界称为大角度晶界，即相邻晶粒的位相差大于 10° 的晶界。

交滑移：当某一螺型位错在原滑移面上运动受阻时，有可能从原滑移面转移到与之相交的另一滑移面上去继续滑移，这一过程称为交滑移。

界面能：界面上的原子处在断键状态，具有超额能量。平均在界面单位面积上的超额能量叫界面能。

晶界偏聚：由于晶内与晶界上的畸变能差别或由于空位的存在使得溶质原子或杂质原子在晶界上的富集现象。

晶界：晶界是成分结构相同的同种晶粒间的界面。

晶界特性

1) 晶粒的长大和晶界的平直化能减少晶界面积和晶界能，在适当的温度下是一

个自发的过程；须原子扩散实现

2) 晶界处原子排列不规则，常温下对位错的运动起阻碍作用，宏观上表现出提高强度和硬度；而高温下晶界由于起粘滞性，易使晶粒间滑动；

3) 晶界处有较多的缺陷，如空穴、位错等，具有较高的动能，原子扩散速度比晶内高；

4) 固态相变时，由于晶界能量高且原子扩散容易，所以新相易在晶界处形核；

5) 由于成分偏析和内吸附现象，晶界容易富集杂质原子，晶界熔点低，加热时易导致晶界先熔化；?过热

6) 由于晶界能量较高、原子处于不稳定状态，以及晶界富集杂质原子的缘故，晶界腐蚀比晶内腐蚀速率快。

界面：通常包含几个原子层厚的区域，其原子排列及化学成分不同于晶体内部，可视为二维结构分布，也称为晶体的面缺陷。包括：外表面和内界面

外表面：指固体材料与气体或液体的分界面。它与摩擦、吸附、腐蚀、催化、光学、微电子等密切相关。

内界面：分为 晶粒界面、亚晶界、孪晶界、层错、相界面等。

晶界能：不论是小角度晶界或大角度晶界，这里的原子或多或少地偏离了平衡位置，所以相对于晶体内部，晶界处于较高的能量状态，高出的那部分能量称为晶界能，或称晶界自由能。

间隙固溶体：溶质原子分布于溶剂晶格间隙而形成的固溶体称为间隙固溶体。

结晶：物质从液态（溶液或熔融状态）或气态凝出具有一定的几何形状的固体（晶体）的过程。

交联：线型或支链型高分子链间以共价键连接成网状或体形高分子的过程。

交割：当一位错在某一滑移面上运动时，会与穿过滑移面的其他位错交割。

位错交割的特点

- 1) 运动位错交割后，在位错线上可能产生一个扭折或割阶，其大小和方向取决于另一位错的柏氏矢量，但具有原位错线的柏氏矢量(指扭折或割阶的长度和方向)
- 2) 所有的割阶都是刃型位错，而扭折可以是刃型也可是螺型的。
- 3) 扭折与原位错线在同一滑移面上，可随位错线一道运动，几乎不产生阻力，且在线张力的作用下易于消失；
- 4) 割阶与原位错不在同一滑移面上，只能通过攀移运动，所以割阶是位错运动的障碍——割阶硬化。

加工硬化:金属经冷塑性变形后，其强度和硬度上升，塑性和韧性下降，这种现象称为加工硬化。原因：随变形量增加，位错密度增加，由于位错之间的交互作用(堆积、缠结)，使得位错难以继续运动，从而使变形抗力增加；这是最本质的原因。

均匀形核:新相晶核是在母相中存在均匀地生长的，即晶核由液相中的一些原子团直接形成，不受杂质粒子或外表面的影响。

非均匀形核:新相优先在母相中存在的异质处形核，即依附于液相中的杂质或外来表面形核。

结构起伏:液态结构的原子排列为长程无序，短程有序，并且短程有序原子团不是固定不变的，它是此消彼长，瞬息万变，尺寸不稳定的结构，这种现象称为结构起伏。

空位:晶体中点阵结点上的原子以其平衡位置为中心作热振动，当振动能足够大时，将克服周围原子的制约，跳离原来的位置，使得点阵中形成空结点，称为空位。

空间点阵:指几何点在三维空间作周期性的规则排列所形成的三维阵列，是人为的对晶体结构的抽象。

扩展位错:通常指一个全位错分解为两个不全位错，中间夹着一个堆垛层错的整个位错形态。

扩散：热激活的原子通过自身的热震动克服束缚而迁移它处的过程。

自扩散：不依赖于浓度梯度，而仅由热振动而产生的扩散。

互扩散：在置换式固溶体中，两组元互相扩散。

间隙扩散：这是原子扩散的一种机制，对于间隙原子来说，由于其尺寸较小，处于晶格间隙中，在扩散时，间隙原子从一个间隙位置跳到相邻的另一个间隙位置，形成原子的移动。

反应扩散：伴随有化学反应而形成新相的扩散称为反应扩散。

空位扩散：扩散原子从正常位置跳动到邻近的空位，即通过原子与空位交换位置而实现扩散。每次跳迁须有空位迁移与之配合。

下坡扩散：组元从高浓度区向低浓度区迁移的扩散的过程称为下坡扩散。

上坡扩散：组元从低浓度区向高浓度区迁移的扩散的过程称为上坡扩散。

稳态扩散：扩散组元的浓度只随距离变化，而不随时间变化。

非稳态扩散：扩散组元的浓度不仅随距离 x 变化，也随时间变化的扩散称为非稳态扩散。

扩散系数：相当于质量浓度为 1 时，单位时间内的扩散通量。

互扩散系数：在互扩散当中，用来代替两种原子的方向相反的扩散系数 D_1 、 D_2 。

体扩散：物质在晶体内部的迁移过程。

表面扩散：是指原子、离子、分子以及原子团在固体表面沿表面方向的运动。当固体表面存在化学势梯度场，扩散物质的浓度变化或样品表面的形貌变化时。

晶界扩散：是指原子沿着晶界渗入晶粒。

扩散退火：生产上常将铸件加热到固相线以下 100–200℃ 长时间保温，以使原子充分扩散、成分均匀，消除枝晶偏析，这种热处理工艺称做扩散退火。

柯肯达尔效应:反映了置换原子的扩散机制,两个纯组元构成扩散偶,在扩散的过程中,界面将向扩散速率快的组元一侧移动。

柯氏气团:通常把溶质原子与位错交互作用后,在位错周围偏聚的现象称为气团,是由柯垂尔首先提出,又称柯氏气团。

螺型位错:位错线附近的原子按螺旋形排列的位错称为螺型位错。

孪晶:孪晶是指两个晶体(或一个晶体的两部分)沿一个公共晶面构成镜面对称的位向关系,这两个晶体就称为孪晶,此公共晶面就称孪晶面。

孪生:晶体受力后,以产生孪晶的方式进行的切变过程叫孪生。

物质结晶时,晶体结构位置上的某些离子或原子的位置部分或全部地被介质中性质相近的其他离子活原子所置换,共同结晶成的单相晶体,而不改变晶体结构化和键性,只引起晶胞参数微小变化的现象。

临界晶粒:由于新相形核时单位体积的自由能减少,而新相表面的表面自由能增加,所以新相的晶核必须具有或超过一定临界尺寸 r^* 才能成为稳定的晶核,半径为 r^* 的晶核称为临界晶核。

临界形核功:形成临界晶核所需要的功。

临界分切应力:滑移系开动所需的最小分切应力;它是一个定值,与材料本身性质有关,与外力取向无关。

临界变形度:给定温度下金属发生再结晶所需的最小预先冷变形量。

离异共晶:共晶体中的 α 相依附于初生 α 相生长,将共晶体中另一相 β 推到最后凝固的晶界处,从而使共晶体两组成相相间的组织特点消失,这种两相分离的共晶体称为离异共晶。

莱氏体:铁碳相图共晶转变的产物,是共晶奥氏体和共晶渗碳体的机械混合物。

马氏体转变:同成分、不变平面切变类型的固态转变。

弥散强化:许多材料由两相或多相构成,如果其中一相为细小的颗粒并弥散分布在材料内,则这种材料的强度往往会增加,称为弥散强化。原因:由于硬的

颗粒不易被切变，因而阻碍了位错的运动，提高了变形抗力。

密勒指数：由晶面指数和晶向指数组成，晶面指数表示晶面的方向，晶向指数表示晶体中点阵方向。

能量最低原理：电子的排布总是尽可能的使体系的能量最低。

能量起伏：是指体系中每个微小体积所实际具有的能量，会偏离体系平均能量水平而瞬时涨落的现象。

扭折：位错交割形成的曲折线段在位错的滑移面上时，称为扭折。

配位数：晶体结构中任一原子周围最近邻且等距离的原子数。

配位多面体：原子或离子周围与它直接相邻结合的原子或离子的中心连线所构成的多面体，称为原子或离子的配位多面体。

偏析：合金中化学成分的不均匀性。

偏晶转变：是一个液相 L1 分解出一个固相和另一成分的液相 L2 的转变。有可能产生偏晶转变的二元系往往在液态时两组元只能部分溶解，或几乎不溶解

平衡分配系数 k_0 ：平衡凝固时固相的溶质质量分数 w_S （成分）和液相溶质质量分数 w_L （成分）之比。

平衡凝固：指凝固过程中的每个阶段都能达到平衡，即在相变过程中有充分的时间进行组元间的扩散。

派-纳力：晶体滑移需克服晶体点阵对位错的阻力，即点阵阻力。

攀移：通过空位或原子的扩散使刃型位错离开原滑移面作上下运动。

平面状：在正温度梯度下，纯晶体凝固时，粗糙界面的晶体其生长形态呈平面状，界面与相面等温而平行树枝晶。

去应力退火：利用回复现象将冷变形金属低温加热，既稳定组织又保留加工硬化，这种热处理方法称去应力退火。

区域熔炼：原始质量浓度为 φ_0 ，凝固前端部分的溶质浓度不断下降（ $k_0 < 1$ ），

后端部分不断富集，使前端溶质减少而得到提纯，也叫区域提纯。

全位错:把柏氏矢量等于点阵矢量或其整数倍的位错称为全位错。

点缺陷:最简单的晶体缺陷，在结点上或邻近的微观区域内偏离晶体结构的正常排列。在空间三维方向上的尺寸都很小，约为一个、几个原子间距，又称零维缺陷。包括空位、间隙原子、杂质、溶质原子等。

线缺陷:在一个方向上的缺陷扩展很大，其它两个方向上尺寸很小，也称为一维缺陷。主要为位错。

面缺陷:在两个方向上的缺陷扩展很大，其它一个方向上尺寸很小，也称为二维缺陷。包括晶界、相界、孪晶界、堆垛层错等。

刃型位错:晶体中的某一晶面，在其上半部有多余的半排原子面，好像一把刀刃插入晶体中，使这一晶面上下两部分晶体之间产生了原子错排，称为刃型位错。

刃型位错线可以理解为已滑移区和未滑移区的分界线，它不一定是直线。

热加工:在加工变形的同时产生加工硬化和动态回复与再结晶，并且热加工产生的加工硬化很快被回复再结晶产生的软化所抵消，所以热加工体现不出加工硬化现象。

热平衡缺陷:由于热起伏促使原子脱离点阵位置而形成的点缺陷称为热平衡缺陷，这是晶体内部原子的热运动的内部条件决定的。

熔晶转变:是一个固相转变为另一个固相和一个液相的恒温转变。之所以称为熔晶转变，是因为固相在温度下降时可以部分熔化。

双交滑移:如果交滑移后的位错再转回和原滑移面平行的滑移面上继续运动，则称为双交滑移。

缩孔:大多数液态金属的密度比固态的小，因此结晶时发生体积收缩。金属收缩后，如果没有液态金属继续补充的话，就会出现收缩孔洞，称之为缩孔

时效:过饱和固溶体后续在室温或高于室温的溶质原子脱溶过程。

施密特因子:亦称取向因子, 为 $\cos\Phi\cos\lambda$, Φ 为滑移面与外力 F 中心轴的夹角, λ 为滑移方向与外力 F 的夹角。

树枝晶: 树枝晶的基本结构单元也是折叠链片晶, 但与球晶不同的是, 球晶是在所有半径方向以相同的速度发展, 树枝晶则是在特定方向上优先发展, 树枝晶中晶片具有规则的外形。

树枝状: 在负温度梯度下, 纯晶体凝固时, 处于温度更低的液相中, 是凸出的部分的生长速度增大而进一步伸向液体中, 这种情况下液-固界面会形成许多伸向液体的分支的生长方式。

同质异构体: 化学组成相同由于热力学条件不同而形成的不同晶体结构。

相同的化学组成, 在不同的热力学条件下却能形成不同的晶体结构, 表现出不同的物理、化学性质。我们把同一种化学组成在不同的热力学条件下(温度、压力、pH 等), 可以结晶成为两种以上不同结构的晶体的现象称为同质多晶(同质多象)。

拓扑密堆相: 由两种大小不同的金属原子所构成的一类中间相, 其中大小原子通过适当的配合构成空间利用率和配位数都很高的复杂结构。由于这类结构具有拓扑特征, 故称这些相为拓扑密堆相。

调幅分解: 过饱和固溶体在一定温度下分解成结构相同、成分不同的两个相的过程。

退火孪晶: 由于相变过程中原子重新排列时发生错排而产生的, 称退火孪晶

无限固溶体): 溶质的固溶度可达 100%的固溶体。

无序固溶体): 溶质原子在溶剂晶体结构中的分布是任意的、无规则的, 不均匀的, 这便是无序固溶体的概念。

位错: 是晶体内的一种线缺陷, 其特点是沿一条线方向原子有规律地发生错排; 这种缺陷用一线方向和一个柏氏矢量共同描述。

位错反应: 位错线之间可以合并或分解, 称为位错反应。

位错塞积: 是指晶体塑性变形时往往在一滑移面上许多位错被迫堆积在某种障

碍物前，形成位错群的堆聚。这些位错来自同一位错源，因此具相同的伯格斯矢量。

位错滑移:在一定应力作用下，位错线沿滑移面移动的位错运动。

位错线:晶体的已滑移区与未滑移区的交线。

位错的应变能:位错周围点阵畸变引起的弹性应力场，导致晶体能量的增加，称为位错的应变能或位错的能量。

伪共晶:非平衡凝固条件下，某些亚共晶或过共晶成分的合金也能得到全部的共晶组织，这种由非共晶成分的合金得到的共晶组织称为伪共晶。

伪共析转变:非平衡转变过程中，处在共析成分点附近的亚共析、过共析合金，转变终了组织全部呈共析组织形态。

细晶强化:晶粒愈细小，晶界总长度愈长，对位错滑移的阻碍愈大，材料的屈服强度愈高。晶粒细化导致晶界的增加，位错的滑移受阻，因此提高了材料的强度。因为晶粒越细，单位体积内晶粒数目越多，参与变形的晶粒数目也越多，变形越均匀，使在断裂前发生较大的塑性变形。强度和塑性同时增加，金属在断裂前消耗的功也越大，因而其韧性也比较好。

小角度晶界:相邻亚晶粒之间的位相差小于 10° ，这种亚晶粒间的晶界称为小角度晶界，一般小于 2° ，可分为倾斜晶界、扭转晶界、重合晶界等。

肖脱基空位:在个体中晶体中，当某一原子具有足够大的振动能而使振幅增大到一定程度时，就可能克服周围原子对它的制约作用，跳离其原来位置，迁移到晶体表面或内表面的正常结点位置上而使晶体内部留下空位，称为肖脱基空位。

形变织构:多晶体形变过程中出现的晶体学取向择优的现象叫形变织构。

形变强化:由塑性变形引起的材料强度、硬度升高的现象。

相:是指合金中具有同一聚集状态、同一晶体结构和性质并以界面相互隔开的均匀组成部分。

相图:描述各相平衡存在条件或共存关系的图解，也可称为平衡时热力学参量的

几何轨迹。

相界面：属于不同结构的两相之间的分界面。

相律：相律给出了平衡状态下体系中存在的相数与组元数及温度、压力之间的关系，可表示为： $F=C+P-2$ ， F 为体系的自由度数， C 为体系的组元数， P 为相数。

线膨胀系数：固体物质的温度每改变 1°C 时，其长度的变化和它在 0°C 时长度之比。

匀晶反应：这种从液相中结晶出单一固相的转变称为匀晶转变或匀晶反应。

有序固溶体：当一种组元溶解在另一组元中时，各组元原子分别占据各自的布拉维点阵的一种固溶体，形成一种各组元原子有序排列的固溶体，溶质在晶格完全有序排列。

有限固溶体：在一定的条件下，溶质组元在固溶体中的浓度有一定的限度，超过这个限度就不再溶解了；。这一限度称为溶解度或固溶度，这种固溶体就称为有限固溶体。大部分固溶体都属于有限固溶体。

亚晶粒：一个晶粒中若干个位相稍有差异的晶粒称为亚晶粒。

亚晶界：相邻亚晶粒间的界面称为亚晶界。

应变时效：第一次拉伸后，再立即进行第二次拉伸，拉伸曲线上不出现屈服阶段。但第一次拉伸后的低碳钢试样在室温下放置一段时间后，再进行第二次拉伸，则拉伸曲线上又会出现屈服阶段。不过，再次屈服的强度要高于初次屈服的强度。这个试验现象就称为应变时效。

异质形核：晶核在液态金属中依靠外来物质表面或在温度不均匀处择优形成。

亚稳相：亚稳相指的是热力学上不能稳定存在，但在快速冷却或加热过程中，由于热力学能垒或动力学的因素造成其未能转变为稳定相而暂时稳定存在的一种相。

元素周期律：元素的外层电子结构随着原子序数（核中带正电荷的质子数）的递增而呈周期性的变化规律。

杨氏模量:材料在弹性变形阶段,其应力和应变成正比例关系(即符合胡克定律),其比例系数称为杨氏模量。

原子堆积因子:在晶体结构中原子占据的体积与可利用的总体积的比率

阵点、结点:构成空间点阵的每个点。

中间相:两组元 A 和 B 组成合金时,除了形成以 A 为基或以 B 为基的固溶体外,还可能形成晶体结构与 A, B 两组元均不相同的新相。由于它们在二元相图上的位置总是位于中间,故通常把这些相称为中间相。

致密度:晶体结构中原子体积占总体积的百分数。

置换固溶体:当溶质原子溶入溶剂中形成固溶体时,溶质原子占据溶剂点阵的阵点,或者说溶质原子置换了溶剂点阵的部分溶剂原子,这种固溶体就称为置换固溶体。

再结晶:冷变形后的金属加热到一定温度之后,在原变形组织中重新产生了无畸变的新晶粒,而性能也发生了明显的变化并恢复到变形前的状态,这个过程称为再结晶。(指出现无畸变的等轴新晶粒逐步取代变形晶粒的过程)

再结晶温度:形变金属在一定时间(一般 1h)内刚好完成再结晶的最低温度。

再结晶退火:所谓再结晶退火工艺,一般是指将冷变形后的金属加热到再结晶温度以上,保温一段时间后,缓慢冷却至室温的过程。

再结晶的形核率是指单位时间、单位体积内形成的再结晶核心的数目,一般用 N 表示;晶核一旦形成便会继续长大至相邻晶粒彼此相遇,长大速率用 G 表示。

再结晶织构:再结晶退火后形成的织构。退火可将形变织构消除,也可形成新织构。

珠光体:铁碳合金共析转变的产物,是共析铁素体和共析渗碳体的层片状混合物。

重心法则:处于三相平衡的合金,其成分点必位于共轭三角形的重心位置。

枝晶偏析: 固溶体在非平衡冷却条件下, 匀晶转变后新得的固溶体晶粒内部的成分是不均匀的, 先结晶的内核含较多的高熔点的组元原子, 后结晶的外缘含较多的低熔点的组元原子, 而通常固溶体晶体以树枝晶方式长大, 这样, 枝干含高熔点组元较多, 枝间含低熔点组元原子多, 造成同一晶粒内部成分的不均匀现象。

正偏析: 溶质浓度由锭表面向中心逐渐增加的不均匀分布称为正偏析, 它是宏观偏析的一种。这种偏析通过扩散退火也难以消除。

直线法则: 在一定温度下三组元材料两相平衡时, 材料的成分点和其两个平衡相的成分点必然位于成分三角形内的一条直线上, 该规律称为直线法则或三点共线法则

重心法则: 成分为 R 的三元合金在某一温度下, 分解成 α , β , γ 三个相, 则 R 的成分点必定位于 $\triangle \alpha \beta \gamma$ 的重心位置上。

Pauli 不相容原理: 在一个原子中不可能有运动状态完全相同的两个电子, 即不可能有四个量子数都相同的两个原子。

Hund 规则: 在同一亚层中的各个能级中, 电子的排布尽可能分占不同的能级, 而且自旋方向相同。

晶粒的长大: 正常长大, 异常长大。

正常长大: 大多数晶粒几乎同时长大, 晶粒长大的驱动力是降低其界面能, 晶粒界面的不同曲率是造成界面迁移的直接原因, 界面总是向曲率中心的方向移动。

异常长大 (不连续晶粒长大、二次再结晶): 少数晶粒突发性不均匀长大, 使晶粒之间尺寸差别显著增大, 直至这些迅速长大的晶粒完全相互接触为止。

塑性变形的方式: 主要通过滑移和孪生、还有扭折。

滑移是通过滑移面上的位错的运动来实现的。

孪生与滑移的主要区别

1 孪生通过晶格切变使晶格位向改变, 使变形部分与未变形

部分呈镜面对称；而滑移不引起晶格位向改变。

2 孪生时，相邻原子面的相对位移量小于一个原子间距；而滑移时滑移面两侧晶体的相对位移量是原子间距的整数倍。

3 孪生所需要的切应力比滑移大得多，变形速度大得多

回复阶段退火的作用： 提高扩散 促进位错运动 释放内应变能

回复退火产生的结果： 电阻率下降 硬度、强度下降不多 降低内应力

结构起伏与能量起伏是对应的。

粗糙界面长大机制：连续长大，晶体沿界面的法线方向向液相中生长。这种长大方式叫做垂直长大，或连续长大。

1 原子间的一次结合键共有几种？各自的特点如何？

- (1) 金属键：绝大多数金属，基本特点是电子的共有化。
- (2) 离子键：大多数盐类、碱类和金属化合物，基本特点是离子为结合单位。
- (3) 共价键：亚金属、聚合物和无机非金属，主要特点是共用电子对。

2 比较说明间隙固溶体、间隙化合物

间隙固溶体：于溶剂晶格间隙而形成的固溶体成为间隙固溶体。当溶质原子半径很小，使溶质与溶剂的原子半径差 $\Delta r > 41\%$ 时可形成间隙固溶体，通常引起晶格畸变，为有限固溶体；同纯金属相比，会产生固溶强化；导致物理、化学性能的变化。

间隙化合物：非金属元素和金属元素的原子半径比值大于 0.59 时，形成具有复杂晶体结构的相称为间隙化合物。如 Fe_3C 、 Cr_7C_3 ， $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ 等。间隙化合物中原子间结合建为共价键和金属键，其熔点和硬度均较高（但不如间隙相）。

3 分析纯金属生长形态与温度梯度的关系

纯金属生长形态是指晶体宏观长大时界面的形貌。界面形貌取决于前沿液体中

的温度分布。

(1) 平面状长大：当液体具有正温度梯度时，晶体以平直界面方式推移长大。

(2) 树枝状长大：当液体具有负温度梯度时，晶体以枝晶方式长大。

4 铁素体与奥氏体的根本区别在于晶体结构不同，前者为 BCC，后者为 FCC。

5 回复和再结晶过程中材料性能的变化

强度与硬度：回复时变化小，再结晶时明显减小

电阻：回复时明显下降

内应力：回复时宏观消失，再结晶时微观再消失

亚晶粒尺寸：回复时前期小后期大

6 什么叫临界晶核半径？它的物理意义？

答案：临界晶核半径是指 ΔG 为最大值时的晶核半径。

$r < r_c$ 时， ΔG_s 占优势，故 $\Delta G > 0$ ，晶核不能自动形成。

$r > r_c$ 时， ΔG_v 占优势，故 $\Delta G < 0$ ，晶核可以自动形成，并可以稳定生长。

7 比较刃型位错和螺型位错的异同。为什么只有螺位错可以发生交滑移而刃位错却不能？

答案：（1）相同：线缺陷、应力场、畸变能；

不同：位错线与柏氏矢量的相对位向、应力场的性质、运动方式。

（2）螺位错的柏氏矢量与位错线平行，因此包含位错线的所有晶面都可以是螺位错的滑移面，因此当螺位错滑移受阻时，他可以在另外一个晶面上进行滑移。

而刃位错的柏氏矢量与位错线垂直，他的滑移面就只有由位错线和柏氏矢量构成的平面，所以他只能在这个面上滑移，故不能发生交滑移。

- 8 原子扩散的驱动力是 浓度梯度
9. 晶体材料在力的作用下，主要表现为： 线弹性变形 、非线性弹性变形、均匀塑性变形、非均匀塑性变形、断裂五个过程。
10. 菲克第一定律描述了稳态扩散的特征，即浓度不随时间变化
- 11 马氏体是 C 在 α -Fe 中的过饱和间隙式固溶体。具有 体心立方 点阵。马氏体相变属于位移型无扩散相变。
- 12 固态相变按热力学可分为一级相变、二级相变，按原子迁移方式可分为扩散型、切变型，按相变方式可分为有核相变、无核相变。
- 13 在点阵中选取晶胞的原则有哪些？反映对称性；相等的棱和角最多；直角最多；体积最小。
- 14 简述柏氏矢量的物理意义与应用。代表位错；判断位错类型；表示晶体滑移的方向与大小；守恒性及其推论。
- 15 二元相图中有哪些几何规律？相区接触法则；三相区是一条水平线…；三相区中间是由它们中相同的相组成的两相区；单相区边界线的延长线进入相邻的两相区。
- 16 材料结晶的必要条件有哪些？过冷；结构起伏；能量起伏；成分起伏（合金）。
- 17 细化材料铸态晶粒的措施有哪些？提高过冷度；变质处理；振动与搅拌。
- 18 简述共晶系合金的不平衡冷却组织及其形成条件。
- (1) 伪共晶-非共晶合金得到的完全共晶组织；条件：冷却速度快，合金成分位于共晶点附件。(2) 不平衡共晶-共晶线以外的合金得到的共晶组织；条件：冷却速度快，合金成分位于共晶线以外端点附近。(3) 离异共晶-两相分离的共晶组织；条件：不平衡条件下，合金成分位于共晶线以外端点附近；平衡条件下，合金成分位于共晶线以内端点附近。
- 19 晶体中的滑移系与其塑性有何关系？(1) 一般滑移系越多, 塑性越好;(2) 与滑移面密排程度和滑移方向个数有关;(3) 与同时开动的滑移系数目有关。

20 马氏体高强度高硬度的主要原因是什么？固溶强化；细晶强化；相变强化。

21 哪一种晶体缺陷是热力学平衡的缺陷，为什么？点缺陷。因为在一定浓度点缺陷存在的情况下晶体的能力可达到最低状态。

Q 试论材料强化的主要方法及其原理。

固溶强化。原理：晶格畸变、柯氏气团，阻碍位错运动；方法：固溶处理、淬火等。

细晶强化：原理：晶界对位错滑移的阻碍作用。方法：变质处理、退火等。

弥散强化：原理：第二相离子对位错的阻碍作用；方法：形成第二硬质相如球化退火、变质处理等。

相变强化：原理：新相为高强相或新相对位错的阻碍。方法：淬火等。

加工硬化：原理：形成高密度位错等。方法：冷变形等。

1 柏氏矢量的确定方法，如何利用柏氏矢量和位错线来判断位错的类型？

答：首先在位错线周围作一逆时针回路，然后在无位错的晶格内作同样的回路，该回路必不闭合，连接终点与起点即为柏氏矢量。位错线与柏氏矢量垂直的是刃型位错，平行的是螺型位错。

2 简要说明成分过冷的形成及其对固溶体组织形态的影响。

答：固溶体凝固时，由于溶质原子在界面前沿液相中的分布发生变化而形成的过冷。

3 为什么晶粒细化既能提高强度，也能改善塑性和韧性？

答：晶粒细化减小晶粒尺寸，增加界面面积，而晶界阻碍位错运动，提高强度；晶粒数量增加，塑性变形分布更为均匀，塑性提高；晶界多阻碍裂纹扩展，改善韧性。

4 共析钢的奥氏体化有几个主要过程？合金元素对奥氏体化过程有什么影响？

共析钢奥氏体化有 4 个主要过程：奥氏体形成、渗碳体溶解、奥氏体均匀化、

晶粒长大。合金元素的主要影响通过碳的扩散体现，碳化物形成元素阻碍碳的扩散，降低奥氏体形成、渗碳体溶解、奥氏体均匀化速度。

5 提高钢材耐蚀性的主要方法有哪些？为什么说 Cr 是不锈钢中最重要的合金元素？答：提高钢材耐蚀性的主要方法有：在表面形成致密氧化膜、提高基体电极电位、形成单相组织。Cr 可形成表面致密氧化膜 Cr_2O_3 , 可提高电极电位，可形成单相铁素体。