

**金属键：**金属中的自有电子与金属正离子相互作用所构成的键合。

**空间点阵：**把原子（或原子集团）抽象成纯粹的几何点，而完全忽略它的物理性质，这种抽象的几何点在晶体所在空间作周期性规则排列的阵列称为空间点阵。

**晶向族：**晶体中原子排列结构相同的一族晶向。

**晶面族：**晶体中，有些晶面的原子排列情况相同，面间距完全相等，其性质完全相同，只是空间位向不同，这样一族晶面称为晶面族。

**配位数：**晶体结构中，与任一原子最近邻并且等距的原子数。

**致密度：**若把金属晶体中的原子视为直径相等的钢球，原子排列的紧密程度可以用钢球所占空间的体积百分数来表示，称为致密度。即：

$$\text{致密度} = \text{单位晶包中原子所占体积} / \text{单位晶包体积}$$

**同素异构转变：**当外界条件（主要指温度和压力）改变时，元素的晶体结构可以发生转变，这种转变称为同素异构转变。

**晶胚：**当温度降到熔点以下时，在液态金属中存在结构起伏，即有瞬时存在的有序原子集团，这种近程有序的原子集团就是晶胚。

**形核功：**形成临界晶核要有的自由能增加。

**动态过冷度：**能保证凝固速度大于融化速度的过冷度称为动态过冷度。

**光滑界面：**光滑界面以上为液相，一下为固相，液固两相截然分开，固相的表面为基本完整的原子密排面，所以，从微观上看界面是光滑的，从宏观上看，它往往由不同位向的小平面所组成，故呈折线状。这类界面也称小平面对界面。

**粗糙界面：**液固两相之间的界面从微观上来看是高低不平的，存在几个原子层厚度的过渡层，在过渡层中约有半数的位置为固相原子所占据，由于过渡层很薄，所以，从宏观上来看，界面反而显得平直，不出现曲折小平面对，这类界面又称非小平面对界面。

**伪共晶：**在非平衡凝固条件下，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所得到的共晶组织称为伪共晶。

**离异共晶：**在先共晶相数量多，而共晶体数量甚少的情况下，共晶体与先共晶相相同的那一相将依附于已有的粗大先共晶相长大，并把共晶体中的另一相推向最后凝固的边界处，从而使共晶组织特征消失。这种两相分离的共晶称为离异共晶。

**上坡扩散：**由低浓度向高浓度进行的扩散。

**反应扩散：**通过扩散而产生新相的现象。

**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：**原子的运动形成浓度变化的扩散。

**柯肯达尔效应：**由置换互溶原子因相对扩散速度不同而引起标记移动的不均衡扩散现象，即柯肯达尔效应。

**成分过冷：**固溶体结晶时，尽管实际温度分布不变，但液、固界面前沿液相中溶质分布发生变化，液相的熔点也随着变化，这种由于液相成分改变而形成的过冷称为成分过冷。

**区域熔炼：**利用正常凝固的原理进行金属提纯的方法。

**直线法则：**在一定温度下，三元合金两相平衡时，合金的成分点和两个平衡相的成分点必然位于成分三角形内的同一直线上。

**重心定律：**当三元合金在一定温度下处于三相平衡时，合金的成分点为三个平衡相的成分点组成的三角形的质量重心，此即重心定律。

**连接线：**两平衡相成分存在着对应关系，连接对应成分的直线叫做连接线。

**滑移系：**一个滑移面和此面上的一个滑移方向的组合。

**复滑移：**由于晶体的转动，使得另一滑移系参加滑移，从而形成双滑移、多滑移系参加滑移，称为复滑移。

**交滑移：**两个或两个以上的滑移面沿同一滑移方向进行交替滑移的过程。

**双交滑移：**两次交滑移现象称为双交滑移。

**单变量线：**三元系中平衡相的成分随温度变化的空间曲线。

**临界分切应力：**作用在晶体上的力沿滑移方向的分切应力达到某一临界时，客观上金属开始屈服，此临界值为临界分切应力。

**孪生：**孪生是晶体的一部分沿一定晶面（孪晶面）和晶向发生切变。

**加工硬化：**随着塑性变形的增大，塑性变形抗力不断增加的现象，即强度和硬度升高，塑性和韧性降低。

**形变织构：**金属在合金塑性变形时，由于各晶粒的转动，当形变量很大时，各晶粒的取向会大致趋于一致，形变中的这种组织状态叫做形变织构。

**位错点阵阻力：**位错间每移动一个原子间距就必须越过一个能垒，因此位错运动本身就受到一种阻力，称为点阵阻力。

**回复：**经冷变形的金属加热时，在光学显微组织改变前所产生的某些亚结构和性能的变化进程。

**再结晶：**指冷变形的金属在足够高的温度下加热时，通过新晶核的形成及长大，以无畸变的新晶粒逐渐取代变形晶粒的过程。

**动态回复：**在热变形过程中发生的回复。

**动态再结晶：**在热变形过程中发生的在结晶。在温度高于再结晶温度时发生变形，此过程伴随再结晶。

**储存能：**回复和再结晶的驱动力近似认为就是储存能。

**退火孪晶：**某些面心立方结构的金属或合金经再结晶退火后，其组织中常常会出现孪晶，这种退火过程中形成的孪晶称为退火孪晶。

**流线：**在热加工过程中铸态金属的偏析、夹杂物、第二相等逐渐沿变形方向延伸，这种组织叫做流线。

**全位错：**柏氏矢量等于点阵矢量的位错。

**不全位错：**柏氏矢量小于点阵矢量的位错。

**单位位错：**有时把柏氏矢量为一个点阵矢量的位错称为单位位错。

**固定位错：**将面心立方完整晶体沿 $\{111\}$ 原子层面剖开，抽去半原子平面或插入半原子平面，就形成了层错，这样形成的层错交界就是固定位错。

**面角位错：**将形成于两个 $\{111\}$ 面之间的面角上，由三个不全位错和两片层错构成的位错组态称为面角位错。

**扩展位错：**两个不全位错和中间的层错带所组成的位错组态。

**柯氏气团：**溶质原子与位错的交互作用，溶质原子将偏聚在位错线附近以降低体系的畸变能形成溶质原子气团。

**铃木气团：**溶质原子在扩展位错的层错区聚集以降低层错能形成铃木气团。

**应变时效：**低碳钢拉伸时，若在超过下屈服点以后卸载并立即重新拉伸，则拉伸曲线不出现屈服点；若卸载后放置一段时间或在 $200^{\circ}\text{C}$ 左右加热后再进行拉伸，则屈服现象又复出现，且屈服应力进一步提高。这种现象通常称为应变时效。

**位错密度：**单位体积内位错线的总长度。

**层错：**如果堆垛顺序与正常顺序有差异，即堆垛层之间产生错排，则此处产生了晶体缺陷，称为堆垛层错或层错。

**均匀化退火：**将合金加热到高温（低于固相线  $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ），进行较长时间的保温，使原子充分扩散，以获取成分均匀的固溶体，这种处理方式叫均匀化退火。

**平衡分配系数：**达到平衡时，固相线成分与液相线成分之比。

**有效分配系数：**结晶过程中固体在相界处的浓度比上此时余下液体的平均浓度。

**金属：**具有正的电阻温度特性的物质。

**晶体：**物质的质点（原子、分子或离子）在三维空间作有规则的周期性重复排列的物质叫晶体。原子排列规律不同，性能也不同。

**点阵或晶格：**从理想晶体的原子堆垛模型可看出，是有规律的，为清楚空间排列规律性，人们将实际质点（原子、分子或离子）忽略，抽象成纯粹几何点，称为阵点或节点。为便于观察，用许多平行线将阵点连接起来，构成三维空间格架。这种用以描述晶体中原子（分子或离子）排列规律的空间格架称为空间点阵，简称点阵或晶格。

**晶胞：**由于排列的周期性，简便起见，可从晶格中取出一个能够完全反映晶格特征的最小几何单元来分析原子排列的规律性。这个用以完全反映晶格特征最小的几何单元称为晶胞。

**多晶型转变或同素异构转变：**当外部条件（如温度和压强）改变时，金属内部由一种晶体结构向另一种晶体结构的转变称为多晶型转变或同素异构转变。

**空位：**某一温度下某一瞬间，总有一些原子具有足够能量克服周围原子约束，脱离原平衡位置迁移到别处，在原位置上出现空节点，形成空位。到晶体表面，称为肖脱基空位；到点阵间隙中，称弗兰克尔空位；

**位错：**它是晶体中某处有一列或若干列原子发生了有规律的错排现象，使长达几百至几万个原子间距、宽约几个原子间距范围内原子离开平衡位置，发生有规律的错动，所以叫做位错。基本类型有两种：即刃型位错和螺型位错。

**晶界：**晶体结构相同但位相不同的晶粒之间的界面称为晶粒间界，简称晶界。小角度晶界位相差小于  $10^{\circ}$ ，基本上由位错组成。大角度晶界 相邻晶粒位相差大于  $10^{\circ}$ ，晶界很薄。亚晶界和亚结构：分别泛指尺寸比晶粒更小的所有细微组织及分界面。

**柯氏气团：**刃型位错的应力场会与间隙及置换原子发生弹性交互作用，吸引这些原子向位错区偏聚。小的间隙原子如 C、N 等，往往钻入位错管道；而大置换原子，原来处的应力场是受压的，正位错下部受拉，由相互吸引作用，富集在受拉区域；小的置换原子原来受拉，易于聚集在受压区域，即位错的上部。使畸变能降低，同时使位错难以运动，造成金属的强化。这就是利用溶质原子与位错交互作用的柯垂尔气团--柯氏气团。用以解释钢的脆化、强度提高等宏观现象。

**元：**组成合金的最基本的独立的物质，简称元

**相：**合金中结构相同、成分和性能均一并以界面互相分开的组成部分，称之为相。

组织：由于形成条件不同，形成具有不同形状、大小数量及分布的相相互结合而成的综合体。

固溶体：组元以不同比例混合后形成的固相晶体结构与组成合金的某一组元相同，这种相称固溶体

化合物：是构成的组元相互作用，生成不同与任何组元晶体结构的新物质

相图：是表示合金系中合金的状态与温度、压力与成分之间关系的一种图解。又称状态图或平衡图。

表象点：位于相图中，并能表示合金成分、温度的点称表象点。

吉布斯相律：相律是表示平衡条件下，系统的自由度、组元数和相数之间的关系，是系统平衡条件的数学表达式。相律可用下式表示： $f = c - p + 2$  当系统的压力为常数时，则为： $f = c - p + 1$  式中， $c$  系统的组元数， $p$  平衡条件下系统中相数， $f$  为自由度。

自由度：是指在保持合金系中相的数目不变的条件下，合金系中可以独立改变的影响合金状态因素的数目

匀晶转变：从液相结晶出单相的固溶体，这种结晶过程称匀晶转变

异分结晶：固溶体结晶过程中，结晶出的固相与母相成分不同，这种结晶也称为选择结晶。

同分结晶：纯金属结晶时，所结晶出的晶体与母相化学成分完全一样。

枝晶偏析：生成固体的成分不均匀一偏析，快速冷却时在一个晶粒内部先后结晶的成分有差别，所以称为晶内偏析，金属的晶体往往以树枝晶方式生长，偏析的分布表现为不同层次的枝晶成分有差别，因此又称枝晶偏析

区域偏析：固溶体不平衡结晶时造成的大范围内化学成分不均匀的现象叫做宏观偏析或区域偏析。

伪共晶：这种非共晶成分合金所得到的共晶组织称伪共晶。

成分过冷：在正温度梯度下，纯金属的生长方式为平面长大；负温度梯度时，树枝状生长。而固溶体结晶时，即使温度梯度是正值，也经常出现树枝状生长和胞状生长的情况，这是由于凝固过程中，成分是在不断的变化，溶质元素重新分配，在液固界面处形成溶质浓度梯度，液体和固体的成分均不能达到平衡状态，即产生了所谓成分过冷的现象。

离异共晶：在先共晶相数量较多而共晶组织甚少的情况下，有时共晶组织中与先共晶相相同那一相会依附于先共晶相上生长，剩余另一相单独存在晶界上，使共晶组织特征消失，这种两相分离的共晶称为离异共晶。

铁素体：碳溶于  $\alpha$ -Fe 铁中的间隙固溶体叫铁素体

奥氏体：碳溶于  $\gamma$ - 铁中的间隙固溶体

渗碳体：铁与碳可以形成间隙化合物  $\text{Fe}_3\text{C}$ ，称为渗碳体，

贝氏体：过饱和的  $\alpha$  相和  $\text{Fe}_3\text{C}$  的机械混合物。

珠光体：由  $\alpha$  和  $\text{Fe}_3\text{C}$  组成的机械混合物

马氏体：是 C 在  $\alpha$ -Fe 中的过饱和间隙固溶体

回火：是将淬火钢加热到低于临界点  $A_1$  某一温度，保温一定时间后，以适当方式冷却到室温的一种热处理工艺。

回火屈氏体：由针状  $\alpha$  相和与其无共格关系的细小粒状和片状渗碳体组成的机械混合物，叫做回火屈氏体。

回火马氏体：高碳钢在  $350^\circ\text{C}$  以下回火时，马氏体分解后形成  $\alpha$  相和弥散的  $\epsilon\text{-Fe}_3\text{C}$  组成的复合组织称为回火马氏体。

奥氏体的形成过程

一、奥氏体的形核 奥氏体晶核主要在  $\alpha$  和  $\text{Fe}_3\text{C}$  的相界面形核，其次在珠光体团的界面上、 $\alpha$  亚结构（嵌镶块）界面形核。这样能满足：（1）能量起伏；（2）结构起伏；（3）成分起伏三个条件。二、奥氏体的长大 是依靠原子扩散完成的，原子扩散包括：（1）Fe 原子自扩散完成晶格改组；（2）C 原子扩散使奥氏体晶核向  $\alpha$  相和  $\text{Fe}_3\text{C}$  相两侧推移并长大。三、剩余渗碳体的溶解  $\alpha \rightarrow \gamma$  结束后， $\alpha$  消失，但还有相当数量  $\text{Fe}_3\text{C}$  尚未溶解，这些  $\text{Fe}_3\text{C}$  被称为残余渗碳体。继续保温或继续加热时，随碳在  $\gamma$  中的继续扩散，剩余的渗碳体不断向奥氏体中溶解。四、奥氏体的均匀化  $\text{Fe}_3\text{C}$  刚刚溶入  $\gamma$  后， $\gamma$  浓度仍然不均匀，在原  $\text{Fe}_3\text{C}$  的地方 C 浓度高，而原来  $\alpha$  的地方 C 浓度低，只有经过长时间保温或继续加热，才能使碳原子充分扩散获得均匀的奥氏体。

滑移：滑移是晶体的两部分之间沿着一定的晶面（滑移面）和一定的晶向（滑移方向）而发生的一种相对滑动，滑移的本质是位错运动。

孪生：切应力作用下，晶体的一部分相对于另一部分沿一定晶面（孪生面）与晶向（孪生方向）产生一定角度的均匀切变过程，叫做孪生。

孪生与滑移变形过程比较

滑移系 一个滑移面和此面上的一个滑移方向组成一个滑移系。

变形织构：塑性变形过程中，随着形变程度的增加，各个晶粒的滑移面和滑移方向都要向主形变方向转动，逐渐使多晶体中原取向互不相同的各个晶粒在空间取向上呈现一定程度的规律性，这一现象称为择优取向；择优取向后的晶体结构称为“织构”，这种由变形引起的织构

称为变形织构。

丝织构：在拉拔时形成，各个晶粒的某一晶向转向与拉伸方向平行，与线轴平行的晶向用  $\langle uvw \rangle$  表示。

板织构：轧制时，使晶粒的某一晶向趋向于与轧制方向平行，某一晶面趋向于与轧制面平行，以与轧面平行的晶面  $\{hkl\}$  和与轧向平行的晶向  $\langle uvw \rangle$  表示，记为  $\{hkl\}\langle uvw \rangle$ 。

回复：是指冷塑性变形金属再加热时，在光学显微组织改变以前（再结晶晶核形成以前）所产生的某些亚结构和性能的变化过程。

再结晶：冷变形金属加热到一定温度之后，在原来形组织中重新产生无畸变新晶核，而性能也发生变化，并恢复到完全软化状态，这个过程称为再结晶

回复机理 1、低温回复 主要涉及点缺陷的运动。空位或间隙原子移动到晶界或位错处消失，空位与间隙原子的相遇复合，空位集结形成空位对或空位片，使点缺陷密度大大下降。对点缺陷敏感的电阻率此时发生明显下降。  
2、中温回复 随温度升高，原子活动能力增强，位错可以在滑移面上滑移或交滑移（被激活），使异号位错相遇而相消，位错密度下降，位错缠结内部重新排列组合，使亚晶规整化。  
3、高温回复 原子活动能力进一步增强，位错除滑移外，还可攀移。主要机制是多边化。

过冷奥氏体：临界点以下存在且不稳定的奥氏体，叫做过冷奥氏体。

退火：是将钢加热到临界点  $Ac_1$  以上或以下温度，经保温后缓慢冷却下来（一般为随炉冷却或埋入石灰中），以获得接近平衡状态组织的热处理工艺。

正火：将钢加热到  $Ac_3$  或  $Accm$  以上  $30\sim 50^\circ C$ ，保温以后在空气中冷却得到珠光体类型组织的热处理工艺。

淬火：是指将钢加热到临界温度以上，保温后以大于临界冷却速度的冷速冷却，使奥氏体转变为马氏体（或下贝氏体）的热处理工艺。

加热温度 亚共析钢淬火加热温度为  $Ac_3$  以上  $30\sim 50^\circ C$ ；共析、过共析钢为  $Ac_1$  以上  $30\sim 50^\circ C$ 。

淬火方法（一）单液淬火法将加热至奥氏体状态的工件置于某一种淬火介质连续冷却到室温。  
（二）双液淬火法将加热至奥氏体状态的工件先在较强冷却能力介质中冷却接近  $M_s$  温度（ $300^\circ C$ ）左右，再在另一种冷却能力较弱的介质中冷却，直至完成马氏体转变。  
（三）分级淬火法将加热至奥氏体状态的工件在温度略高于钢的  $M_s$  点的盐浴或碱浴炉中保温，工件内外温度均匀后，然后取出空冷，完成马氏体转变。  
（四）等温淬火法将加热至奥氏体状态的工件在温度高于  $M_s$  盐浴中，等温停留较长时间，使之转变为下贝氏体组织，取出空冷。

淬透性：淬透性是钢的固有属性，是指钢在淬火时获得马氏体的能力。

## 淬透性与淬硬性

淬硬性也叫可硬性，它是指钢在正常淬火条件下，所能达到的最高硬度。淬硬性主要与钢中的碳含量有关，更确切地说，它取决于淬火加热时固溶于奥氏体中的碳含量。奥氏体中固溶的碳量愈高，淬火后马氏体的硬度也越高。

可见，淬硬性 with 淬透性的含义是不同的。淬硬性高的钢，其淬透性不一定高，而淬硬性低的钢，其淬透性也不一定低。

化学热处理：是将钢件置于一定温度的活性介质中保温，使一种或几种元素渗入其表面，改变表面化学成分和组织，达到改进表面性能，满足技术要求的热处理过程。

对零件表面和心部的不同要求的零件，采用化学热处理满足性能要求。

## 气体渗碳原理

1、渗碳介质的分解  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$   $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$   
 $2\text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow 2[\text{C}] + \text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2$   $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$  (水煤气反应) 原料

气组分稳定情况下，只要控制气氛中微量组分  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{O}_2$  的任何一个含量，便可控制上述反应达到其一个平衡点；从而实现控制气氛碳势的目的。通常，生产中使用露点仪来控制  $\text{H}_2\text{O}$  含量，或用红外线仪控制  $\text{CO}_2$  含量；70 年代新发展起来的氧探头法则控制  $\text{O}_2$  含量。

2、碳原子的吸收 要使反应生成的活性碳原子被工件的表面吸收，必须满足以下条件：①工件表面应清洁，无外来阻挡，为此工件入炉前务必清理表面；②活性碳原子被吸收后，剩下的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  或  $\text{H}_2\text{O}$  需及时被驱散，否则反应将无法继续进行，这就要求炉气有良好的循环；③控制好分解和吸收两个阶段的速度，使之恰当配合，如供给碳原子的速度（分解速度）大于吸收的速度，工件上便会出现积碳，这会在一定程度上影响吸收速度。

3、碳原子的扩散 碳原子由表面向心部的扩散是渗碳得以进行并获得一定深度渗层所必需的。扩散的驱动力是表面与心部间碳的浓度梯度。

渗碳后缓冷组织自表面至心部依次为：过共析组织（P+碳化物）、共析组织（P）、亚共析组织（P+α）的过渡层，直至心部的原始组织。

两次淬火法工件渗碳冷却后两次加热淬火，即为两次淬火法。第一次淬火加热温度一般为心部的  $\text{Ac}_3$  以上，目的是细化心部组织，同时消除表层的网状碳化物。第二次淬火加热温度一般为  $\text{Ac}_1$  以上，使渗层获得细小粒状碳化物和隐晶马氏体，以保证获得高强度和高耐磨性。

共析钢和过共析钢连续冷却时不发生贝氏体转变，原因是由于奥氏体碳浓度高，使贝氏体孕育期延长来不及进行。而等温转变有贝氏体转变的产物。

珠光体片层间距方向大致相同的区域称“珠光体团”、“珠光体领域”或珠光体晶粒。一个原奥氏体晶粒内可以形成几个珠光体晶粒。

金属实际结晶温度  $T_n$  与理论结晶温度  $T_m$  之差，称为过冷度 是结晶的必要条件，不过冷就不能结晶。

先出现的作为结晶核心的微小晶体叫晶核。



均匀形核条件是：足够大过冷度和非常纯净液态金属。

临界晶核时，自由能是正值，且是晶核表面能的  $1/3$ ，说明体积能下降只补偿了表面能增加的  $2/3$ ，还有  $1/3$  需另外提供，即对晶核做功，称为形核功  $\Delta G_k$ 。是过冷液体形核主要障碍，也是有孕育期的主要原因

在再结晶温度以上进行加工变形称为热加工