

过冷度：理论结晶温度与实际结晶温度的差称为过冷度。大小取决于冷却速度

变质处理：在浇铸前将液态金属中加入形核剂，促使形成大量的非均匀晶核，以细化晶粒的方法。

细化晶粒的方法：增加过冷度、变质处理、振动与搅拌。

铸锭三个晶区的形成机理：

1 表面细晶区：当高温液体倒入铸模后，结晶先从模壁开始，靠近模壁一层的液体产生极大的过冷，加上模壁可以作为一个非均匀形核的基底，因此在此薄层中立即形成大量的晶核，并同时间各个方向生长，形成表面细晶区。
2 柱状晶区：在表面细晶区形成的同时，铸模温度迅速升高，液态金属冷却速度减慢，结晶前沿过冷都很小，不能生成新的晶核。垂直模壁方向散热最快，因而晶体沿相反方向生长成柱状晶。
3 中心等轴晶区：随着柱状晶的生长，中心部位的液体实际温度分布区域平缓，由于溶质原子的重新分配，在固液界面前沿出现成分过冷，成分过冷区的扩大，促使新的晶核形成长大形成等轴晶。由于液体的流动使表面层细晶一部分卷入液体之中或柱状晶的枝晶被冲刷脱落而进入前沿的液体中作为非自发形核的籽晶

合金：都是铁和两种以上的金属，或金属与非金属，经熔炼或烧结、或用其它方法组合而成的具有金属特性的物质。
合金相：在合金中，通过组成元素（组元）原子间的相互作用，形成具有相同晶体结构与性质，并以明确界面分开的成分均一组成部分称为合金相。
奥氏体与铁素体的异同点：
相同点：都是铁与碳形成的间隙固溶体；强度硬度低，塑性韧性好。不同点：铁素体为体心结构，奥氏体面心结构；铁素体最高含碳量为 0.0218%，奥氏体最高含碳量为 2.11%，铁素体是由奥氏体直接转变或由奥氏体发生共析转变得到，奥氏体是由包晶或由液相直接析出的；存在的温度区间不同。

二次渗碳体与共析渗碳体的异同点。
相同点：都是渗碳体，成份、结构、性能都相同。不同点：来源不同，二次渗碳体由奥氏体中析出，共析渗碳体是共析转变得到的；形态不同二次渗碳体成网状，共析渗碳体成片状；对性能的影响不同，片状的强化基体，提高强度，网状降低强度。
塑性变形的形式：以滑移和孪晶为主。
金属塑性变形后的组织与性能：
显微组织出现纤维组织，杂质沿变形方向拉长为细带状或粉碎成链状，光学显微镜分辨不清晶粒和杂质。亚结构细化，出现纤维组织。性能：材料的强度、硬度升高，塑性、韧性下降；比电阻增加，导电系数和电阻温度系数下降，抗腐蚀能力降低等。
再结晶：冷变形后的金属加热到一定温度之后，在原来的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，并恢复到完全软化状态，这个过程称之为再结晶。

影响再结晶的主要因素：①再结晶退火温度：退火温度越高（保温时间一定时），再结晶晶粒越大；②冷变形量：一般冷变形量越大，完成再结晶的温度越低，变形量达到一定程度后，完成再结晶的温度趋于恒定；③原始晶粒尺寸：原始晶粒越细，再结晶晶粒也越细；④微量溶质与杂质原子，一般均起细化晶粒的作用；⑤第二相粒子，粗大的第二相粒子有利于再结晶，弥散分布的细小的第二相粒子不利于再结晶；⑥形变温度，形变温度越高，再结晶温度越高，晶粒粗大；⑦加热速度，加热速度过快或过慢，都可能使再结晶温度升高。

塑性变形后的金属随加热温度的升高会发生的一些变化：
显微组织经过回复、再结晶、晶粒长大三个阶段由破碎的或纤维组织转变成等轴晶粒，亚晶尺寸增大；储存能降低，内应力松弛或被消除；各种结构缺陷减少；强度、硬度降低，塑性、韧性提高；电阻下降，应力腐蚀倾向显著减小。

转变产物（P、B、M）的特征、性能

特点：片状 P 体，片层间距越小，强度越高，塑性、韧性也越好；粒状 P 体，Fe₃C 颗粒越细小，分布越均匀，合金的强度越高。第二相的数量越多，对塑性的危害越大；片状与粒状相比，片状强度高，塑性、韧性差；上贝氏体为羽毛状，亚结构为位错，韧性差；下贝氏体为黑针状或竹叶状，亚结构为位错，位错密度高于上贝氏体，综合机械性能好；低碳马氏体为板条状，亚结构为位错，具有良好的综合机械性能；高碳马氏体钢在一定的温度范围内回火时，其冲击韧性显著下降，脆化现象；

过冷奥氏体：在临界温度以下处于不稳定状态的奥氏体称为过冷奥氏体。

退火：表示在平衡条件下，合金系中合金状态和温度成分的关系图解，状态图

退火：将钢热至临界点 ac 以上或以上温度，保温后随炉缓慢冷却以获得平衡状态组织的热处理工艺。
退火的目的：均匀钢的化学成分及组织；细化晶粒；调整硬度，改善钢的成形及切削加工性能；消除内应力和加工硬化；为淬火做好组织准备。
正火的目的：改善钢的切削加工性能；细化晶粒，消除热加工缺陷；消除过共析钢的网状碳化物，便于球化退火；提高普通结构零件的机械性能。

形变强化：随变形程度的增加，材料的强度、硬度升高，塑性、韧性下降的现象
机理：随塑性变形的进行，位错密度不断增加，因此位错在运动时的相互交割加剧，结果即产生固定的割阶、位错缠结等障碍，使位错运动的阻力增大，引起变形抗力增加，给继续塑性变形造成困难，从而提高金属的强度。
（加工硬化）
形变强化的实际意义（利与弊）：强化金属的有效方法，对于一些不能用热处理强化的材料可以用形变强化的方法提高材料的强度，可使强度成倍的增加；是某些工件或半成品加工成形的一个重要因素，使金属均匀变形，使工件或半成品的成形成为可能，如冷拔钢丝、零件的冲压成形等；形变强化还可提高零件或构件在使用过程中的安全性，零件的某些部位出现应力集中或过载现象时，使该处产生塑性变形，因加工硬化使过载部位的变形停止从而提高了安全性。另一方面形变强化也给材料生产和使用带来麻烦，变形使强度升高、塑性降低，给继续变形带来困难，中间需要进行再结晶退火，增加生产成本。

固溶体：合金的组元之间以不同比例相互混合后形成的固相，其晶体结构与组成合金的某一组元相同。
随溶质原子含量的增加，固溶体的强度硬度升高，塑性韧性下降的现象称**固溶强化**。
魏氏组织；
强化机理：一是溶质原子的溶入，使固溶体的晶格发生畸变，对滑移面上运动的位错有阻碍作用；二是位错线上偏聚的溶质原子形成的柯氏气团对位错起钉扎作用，增加了位错运动的阻力；三是溶质原子在层错区的偏聚阻碍扩展位错的运动。所有阻止位错运动，增加位错移动阻力的因素都可使强度提高。

固溶强化规律：①在固溶体溶解度范围内，合金元素的质量分数越大，则强化作用越大；②溶质原子与溶剂原子的尺寸差越大，强化效果越显著；③形成间隙固溶体的溶质元素的强化作用大于形成置换固溶体的元素；④溶质原子与溶剂原子的价电子数差越大，则强化作用越大。
方法：合金化，即加入合金元素。
细晶强化：随晶粒尺寸的减小，材料的强度硬度升高，塑性、韧性也得到改善的现象，细化晶粒不但可以提高强度又可改善钢的塑性和韧性，是一种较好的强化材料的方法。机理：晶粒越细小，位错塞集群中位错个数(n)越小，应力集中越小，所以材料的强度越高。规律：晶界越多，晶粒越细，方法：结晶过程中可以通过增加过冷

度，变质处理，振动及搅拌的方法增加形核率细化晶粒。对于冷变形的金属可以通过控制变形的退火温度来细化晶粒。可以通过正火、退火的热处理方法细化晶粒；在钢中加入强碳化物物形成元素。改善塑性和韧性的机理

晶粒越细小，晶粒内部和晶界附近的应变差越小，变形越均匀，因应力集中引起的开裂的机会也越小。晶粒越细小，应力集中越小，不易产生裂纹；晶界越多，易使裂纹扩展方向发生变化，裂纹不易传播，所以韧性就好。

提高或改善金属材料韧性的途径：①尽量减少钢中第二相的数量；②提高基体组织的塑性；③提高组织的均匀性；④加入 Ni 及细化晶粒的元素；⑤防止杂质在晶界偏聚及第二相沿晶界析出。

碳通常在奥氏体区（930~950℃）进行，而且时间较长的原因。

虽然碳原子在 α-Fe 比 γ-Fe 中扩散系数大（1 分），但钢的渗碳通常在奥氏体区进行，因为可以获得较大的渗层深度。因为：①根据，温度（T）越高，扩散系数（D）越大，扩散速度越快，温度越高原子热振动越激烈，原子被激活而进行迁移的几率越大，扩散速度越快；②温度高，奥氏体的溶碳能力大，1148℃时最大值可达 2.11%，远比铁素体(727℃，0.0218%)大，③钢表面碳浓度高，浓度梯度大，扩散速度越快；④时间要足够长，只有经过相当长的时间才能造成碳原子的宏观迁移；

再结晶温度：经过严重冷变形(变形度在 70%以上)的金属，在约 1 小时的保温时间内能够完成再结晶(>95%转变量)的温度。再结晶温度并不是一个物理常数，这是因为再结晶前后的晶格类型不变，化学成分不变，所以再结晶不是相变。影响再结晶温度的因素：纯度越高 T_再越低；变形度越大 T_再越低；加热速度越小 T_再越高。

影响置换固溶体溶解度的因素有哪些？
1 原子尺寸因素：尺寸差越小溶解度越大。2 负电性因素：在形成固溶体的情况下，溶解度随负电性差的减小而增大。
3、电子浓度因素：电子浓度越小，越易形成无限固溶体。
4、晶体结构因素：晶格类型相同溶解度较大。

固溶体与金属化合物有何异同点？
相同点：都具有金属的特性；不同点：结构不同，固溶体的结构与溶剂的相同，金属化合物的结构不同于任一组元；键合方式不同，固溶体为金属键，金属化合物为金属键、共价键、离子键混合键；性能不同，固溶体的塑性好、强度、硬度低，金属化合物，硬度高、熔点高、脆性大；在材料中的作用不同固溶体多为材料的基体，金属化合物为强化相。

Cr 在钢中的主要作用有：溶入基体，提高淬透性，固溶强化；形成第二相提高强度、硬度；含量超过 13%时提高耐腐蚀性；在表面形成致密的氧化膜，提高抗氧化能力。Cr 促进第二类回火脆性的发生。
Mn 在钢中的主要作用有：溶入基体，提高淬透性，固溶强化；形成第二相提高强度、硬度；含量超过 13%时形成奥氏体钢，提高耐磨性；消除硫的有害作用。Mn 促进第二类回火脆性的发生，促进奥氏体晶粒的长大。

Ni 在钢中的主要作用有：溶入基体，提高淬透性，固溶强化；扩大奥氏体区，提高钢的韧性，降低冷脆转变温度。强碳化物形成元素（Ti、Nb、Zr、V）的主要作用有：形成碳化物提高硬度、强度、耐磨性，提高回火稳定性，细化晶粒，防止晶间腐蚀。

论述钢材在热处理过程中出现脆化现象的主要原因及解决方法。
答：①过共析钢奥氏体化后冷却速度较慢出现网状二次渗碳体时，使钢的韧性增加，脆性的网状二次渗碳体在空间上把塑性相分割开，使其变形能力无从发挥。解决方法，重新加热正

火，增加冷却速度，抑制脆性相的析出。②淬火马氏体在低温回火时会出现第一类回火脆性，高温回火时有第二类回火脆性，第一类回火脆性不可避免，第二类回火脆性，可重新加热到原来的回火温度，然后快冷恢复韧性。③工件等温淬火时出现上贝氏体时韧性降低，重新奥氏体化后降低等温温度得到下贝氏体可以缓解。④奥氏体温度过高，晶粒粗大韧性降低。如：过共析钢淬火温度偏高，晶粒粗大，获得粗大的片状马氏体时，韧性降低；奥氏体晶粒粗大，出现魏氏组织时脆性增加。通过细化晶粒可以解决。

20CrMnTi、40CrNiMo、60Si2Mn、T12 属于哪类钢？含碳量为多少？钢中合金元素的主要作用是什么？淬火加热温度范围是多少？常采用的热处理工艺是什么？最终的组织是什么？性能如何？

20CrMnTi 为渗碳钢，含碳量为 0.2%，最终热处理工艺是淬火加低温回火，得到回火马氏体，表面为高碳马氏体（渗碳后），强度、硬度高，耐磨性好；心部低碳马氏体（淬透）强韧性好。Mn 与 Cr 提高淬透性，强化基体，Ti 阻止奥氏体晶粒长大，细化晶粒。

40CrNiMo 为调质钢，含碳量为 0.4%，最终热处理工艺是淬火加高温回火，得到回火索氏体，具有良好的综合机械性能，Cr、Ni 提高淬透性，强化基体，Ni 提高钢的韧性，Mo 细化晶粒，抑制第二类回火脆性。

60Si2Mn 为弹簧钢，含碳量为 0.6%，最终热处理工艺是淬火加中温回火，得到回火托氏体（或回火屈氏体），具有很高的弹性极限，Si、Mn 提高淬透性，强化基体，Si 提高回火稳定性。

T12 钢为碳素工具钢，含碳量为 1.2%，最终热处理工艺是淬火加低温回火，得到回火马氏体+粒状 Fe₃C+残余奥氏体（γ'），强度硬度高、耐磨性好，塑性、韧性差。

过共析钢淬火加热温度为什么不超过 Accm？

过共析钢淬火加热温度为 Ac₁+30~50℃。加热温度超过 Accm 时，温度高，容易发生氧化、脱碳；奥氏体晶粒容易粗大，淬火后马氏体粗大，产生显微裂纹，强度下降；渗碳体全部溶解，失去耐磨相，奥氏体中的含碳量高，淬火后残余奥氏体量大，硬度降低，强度降低。

亚共析钢正火与退火相比哪个硬度高？为什么？

正火硬度高。正火与退火相比，正火的珠光体是在较大的过冷度下得到的，因而对亚共析钢来说，析出的先共析铁素体较少，珠光体数量较多（伪共析），珠光体片间距较小。此外由于转变温度较低，珠光体成核率较大，因而珠光体团的尺寸较小。

用 T12 钢（锻后缓冷）做一切削工具，工艺过程为：正火→球化退火→机加工成形→淬火→低温回火。各热处理工艺的目的是什么？得到什么组织？各种组织具有什么性能。

正火：消除网状的第二渗碳体，同时改善锻造组织、消除锻造应力，得到片状的珠光体，片状的珠光体硬度较高，塑性韧性较差。

球化退火：将片状的珠光体变成粒状珠光体，降低硬度，便于机械加工；组织为粒状珠光体，这种组织塑性韧性较好，强度硬度较低。

淬火：提高硬度、强度和耐磨性；组织为马氏体+粒状碳化物+残余奥氏体；这种组织具有高强度高硬度，塑性韧性差。

低温回火：减少或消除淬火应力，提高塑性和韧性；组织为回火马氏体+粒状碳化物+残余奥氏体。回火组织有一定的塑性韧性，强度、硬度高，耐磨性高。

什么是淬火？目的是什么？具体工艺有哪些？简述淬火加热温度的确定原则。

把钢加热到临界点（Ac₁或 Ac₃）以上保温并随之以大于临界冷却速度（V_c）冷却，以得到介稳状态的马氏体或下

贝氏体组织的热处理工艺方法称为淬火。

淬火目的：提高工具、渗碳零件和其它高强度耐磨机器零件等的硬度、强度和耐磨性；结构钢通过淬火和回火之后获得良好的综合机械性能；此外，还有很少数的一部分工件是为了改善钢的物理和化学性能。如提高磁钢的磁性，不锈钢淬火以消除第二相，从而改善其耐腐蚀性等。

具体工艺有：单液淬火法；中断淬火法(双液淬火介质淬火法)；喷射淬火法；分级淬火法；等温淬火法。淬火加热温度，主要根据钢的相变点来确定。对亚共析钢，一般选用淬火加热温度为 $A_{c3} + (30 \sim 50^\circ\text{C})$ ，过共析钢则为 $A_{c1} + (30 \sim 50^\circ\text{C})$ ，合金钢一般比碳钢加热温度高。确定淬火加热温度时，尚应考虑工件的形状、尺寸、原始组织、加热速度、冷却介质和冷却方式等因素。在工件尺寸大、加热速度快的情况下，淬火温度可选得高一些。另外，加热速度快，起始晶粒细，也允许采用较高加热温度。

某车床主轴（45 钢）加工路线为：下料→锻造→正火→机械加工→淬火（淬透）→高温回火→花键高频表面淬火→低温回火→半精磨→人工时效→精磨。

正火、淬火、高温回火、人工时效的目的是什么？花键高频表面淬火、低温回火的目的是什么？表面和心部的组织是什么？

正火处理是为了得到合适的硬度，以便切削加工，同时改善锻造组织，消除锻造应力。淬火是为了得到高强度的马氏体组织，高温回火是为了得到回火索氏体，淬火+高温回火称为调质，目的是为使主轴得到良好的综合力学性能。人工时效主要是为了消除粗磨削加工时产生的残余应力。花键部分用高频淬火后低温回火是为了得到回火马氏体，增加耐磨性。表面为回火马氏体，心部为回火索氏体组织。

正火、退火工艺选用的原则是什么？
含 0.25%C 以下的钢，在没有其它热处理工序时，可用正火来提高强度。对渗碳钢，用正火消除锻造缺陷及提高切削加工性能。对含碳 0.25~0.50% 的钢，一般采用正火。对含碳 0.50~0.75% 的钢，一般采用完全退火。含碳 0.75~1.0% 的钢，用来制造弹簧时采用完全退火作预备热处理，用来制造刀具时则采用球化退火。含碳大于 1.0% 的钢用于制造工具，均采用球化退火作预备热处理。

说出低碳钢（15、20）、中碳钢（40、45）、共析钢（T8）获得良好综合力学性能的最终热处理工艺及组织。

低碳钢：淬火加低温回火，组织为回火马氏体。中碳钢：淬火加高温回火，组织为回火索氏体。共析钢：等温淬火，组织为下贝氏体。四十一、比较回火索氏体与索氏体的主要异同点。

相同点：都是铁素体与渗碳体的机械的机械混合物。

不同点：①渗碳体的形态不同，回火索氏体的渗碳体的形态为颗粒状，索氏体的渗碳体的形态为片状；②来源不同，回火索氏体是淬火马氏体分解得到的，索氏体是奥氏体直接分解得到的；③性能特点不同，回火索氏体具有良好的综合机械性能，索氏体的抗拉强度高；韧性比回火索氏体低。

珠光体、贝氏体、马氏体的特征、性能特点是什么？

片状 P 体，片层间距越小，强度越高，塑性、韧性也越好；粒状 P 体， Fe_3C 颗粒越细小，分布越均匀，合金的强度越高。第二相的数量越多，对塑性的危害越大；片状与粒状相比，片状强度高，塑性、韧性差；上贝氏体为羽毛状，亚结构为位错，韧性差；下贝氏体为黑针状或竹叶状，亚结构为位错，位错密度高于上贝氏体，综合机械性能好；低碳马氏体为板条状，亚结构为位错，具有良好的综合机械性能；高碳马氏体为片状，亚结构为孪晶，强度硬度高，塑性和韧性差。

W18Cr4V 是什么钢？主要性能特点是什么？合金元素在钢中的主要作用

是什么？为什么此钢淬火加热的奥氏体化温度（ $1280 \pm 5^\circ\text{C}$ ）非常高？回火工艺是什么？最终组织是什么？

W18Cr4V 是高速钢，主要性能特点是具有很高的红硬性，高硬度、高耐磨性和高的淬透性。合金元素在钢中的主要作用是：①提高淬透性。②形成高硬度碳化物，在回火时弥散析出，产生二次硬化效应，显著提高钢的红硬性、硬度和耐磨性。③Cr 能提高钢的抗氧化、脱碳和抗腐蚀能力。目的是让钢中的碳化物形成元素 W、Cr、V 更多地溶解到奥氏体中，充分发挥碳和合金元素的作用，淬火后获得高碳、高合金的马氏体，回火时以合金碳化物形式析出，从而保证高速钢获得高的淬透性、淬硬性和红硬性。退火状态下这些合金元素大部分存在于合金碳化物中，而这些合金碳化物的稳定性很高，需要加热到很高的温度，才能使其向奥氏体中大量溶解。回火工艺是：560℃ 三次回火，每次 1 时。