

名词解释

沸腾钢：

- 1 只用一定量的弱脱氧剂锰铁对钢液脱氧，因此钢液含氧量较高。
- 2 在沸腾钢的凝固过程中，钢液中碳和氧发生反应而产生大量气体，造成钢液沸腾，这种钢由此而得名。
- 3 沸腾钢钢锭宏观组织的特点是，钢锭内部有大量的气泡，但是没有或很少有缩孔。钢锭的外层比较纯净，这纯净的外层包住了一个富集着杂质的锭心。
- 4 沸腾钢钢锭的偏析较严重，低温冲击韧性不好，钢板容易时效，钢的力学性能波动性较大。

镇静钢：

- 1 镇静钢在浇注之前不仅用弱脱氧剂锰铁而且还使用强脱氧剂硅铁和铝对钢液进行脱氧，因而钢液的含氧量很低。
- 2 强脱氧剂硅和铝的加入，使得在凝固过程中，钢液中的氧优先与强脱氧元素铝和硅结合，从而抑制了碳氧之间的反应，所以镇静钢结晶时没有沸腾现象，由此而得名。
- 3 在正常操作情况下，镇静钢中没有气泡，但有缩孔和疏松。与沸腾钢相比，这种钢氧化物系夹杂含量较低，纯净度较高。镇静钢的偏析不像沸腾钢那样严重，钢材性能也较均匀。

半镇静钢：

- 1 最终脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间，即除了用锰铁脱氧以外，也加入硅铁和少量的铝。
- 2 在钢液结晶的过程中，仍然有一氧化碳放出并形成钢锭中的分散气泡，半镇静钢没有镇静钢钢锭头部的集中缩孔，切头率较低。同时，半镇静钢钢液在模内结晶时不沸腾，所以钢锭的偏析程度比沸腾钢小。
- 3 半镇静钢允许钢中含有一定量的合金元素，可用于生产低合金钢。

夹杂物（非金属夹杂物）：

是钢中的一类组成物，它们在钢的凝固和冷却过程中形成，并在随后的冷热加工过程中经历一系列变化，最后滞留在钢中。

按化学成分主要分为五类：简单氧化物，复杂氧化物，硅酸盐及硅酸盐玻璃，硫化物，氮化物。

按形变程度分类：脆性夹杂物，范性夹杂物，球状不变形夹杂物，半范性夹杂物。

冷裂：

铸造时，钢锭或铸件的裂纹也可以在冷却到较低温度后形成。这种在较低温度下产生的裂纹叫冷裂，也称响裂。

偏析：

在钢锭或钢材中，各部分的化学成分不是均匀一致的，这种化学成分不均匀的现象称为偏析。偏析可分为枝晶偏析和区域偏析。

树枝状偏析：（枝晶偏析）

1 依据相图，钢在结晶时，先结晶的枝干比较纯净，碳浓度较低，而迟结晶的枝间部分碳浓度较高。

2 研究指出，在钢锭心部等轴晶带中枝晶偏析的特点是，在枝干部分成分变化很小，这部分占有相当宽的范围，在枝晶或者两个相邻晶粒之间，富集着碳、合金元素和杂质元素，而且达到很高的浓度。枝干结晶时，在相当宽的范围内造成碳和合金元素、杂质元素的贫化（选择结晶），这种贫化成了枝晶间浓度特高的前提。

3 为减少枝晶偏析的程度，可对铸钢和钢锭进行扩散退火。

区域偏析： 在整个钢锭范围内发生的偏析

因为选择结晶，杂质元素和合金元素被富集在晶枝近旁的液相中。在凝固速度不是很高的情况下，枝晶近旁液相中杂质元素能够借扩散和液体的流动而被转移到很远的地方。随着凝固的进展，杂质元素在剩余的钢液中不断富集，各种元素在整个钢锭或铸件的范围内发生了重新分布，即产生了区域偏析。

带状偏析：在钢锭中，有时在某些局部地区，化学成分与周围有差异，形成所谓的带状偏析。

1 在镇静钢钢锭轴心纵剖面的试片的酸侵蚀面上，能观察到成V型和A型分布的偏析条带。称为V偏析或A偏析。

2 A偏析有两种形式，一种是偏析带比较粗，多出现在大钢锭中，尤其是当浇注温度比较高时。另一种形式是一条宏观的偏析带由许多细的条纹构成。

纤维状组织:

钢凝固时所产生的枝晶偏析具有相对稳定性。由枝晶偏析显示的“初生晶粒”随钢坯外形改变而延伸。处于原枝晶间的范性夹杂物也一起形变。随着形变量的加大,“初生晶粒”从最初的柱状或等轴形逐渐变成条带状或者纺锤形。被延伸拉长的枝晶干和枝晶间就构成了形变钢中的“纤维”。

带状组织:

1 热变形钢试样磨片用含 CuCl_2 的试剂浸蚀后放在显微镜下观察,发现原来在肉眼观察时所看到的那些纤维经过放大以后变成黑白交替的条带,称之为原始带状组织,它是由树枝状结晶(偏析)所引起的。其中黑色条带相当于原树枝状晶较纯的枝干,白色条带相当于原富含杂质的枝间区域。

2 在热变形钢中还会出现另外一种形式的带状组织。这种带状组织使用普通硝酸酒精试剂侵蚀的情况下就能显露出来。这里所看到的交替相间的条带是由不同的组织构成,称为“显微组织带状”。这些不同的组织是固态相变的结果,所以也把这种带状组织称为二次带状。二次带状组织的形成意味着碳在固态相变中发生了不均匀的重新分布(二次碳偏析)

魏氏组织:

凡新相从母相中脱溶析出,新旧相之间有一定的位向关系,同时新相的中心平面与母相的一定结晶学平面重合时,这样一种具有纹理特征的组织可统称为魏氏组织。

“反常”组织:

1 在原奥氏体晶界分布着粗厚的网状渗碳体,在此粗厚渗碳体的两边有很宽的游离铁素体,这样的组织称为“反常”组织。

2 研究指出,钢在奥氏体相区加热温度越低(特别是在 $A_{cm}-A_1$ 温度区间加热时),奥氏体就越不均匀,其中含有大量未溶的碳化物或氮化物。越是在这种加热条件下,越容易形成“反常”组织。就冷却条件来说,冷却越缓慢,以致 A_{r1} 温度非常接近 A_1 温度时,越容易产生“反常”组织。钢的含碳量与共析含碳量相聚越远时,形成“反常”组织的倾向就越大。此外,“反常”组织的出现也与钢中的含氮量和加铝量有关。所有这些条件都是和离异共析体形成的基本原理相一致。

网状碳化物:

1 过共析钢轧后冷却过程中沿奥氏体晶界析出先共析渗碳体。依钢的含碳量、形变终止温度和冷却速度不同,先共析渗碳体呈半连续或连续网状。网状碳化物的厚度随停轧(锻)温度的提高和冷却速度的减小而增大。

2 形变终止温度过高，会使奥氏体晶粒粗化，这种晶粒粗大的奥氏体在随后冷却时沿晶界形成粗厚的渗碳体网，后者在随后的热处理过程中难以得到改正。

钢和铸铁：

在铁碳二元系中把含碳量低于 2.11%（重量）的合金称为钢，而把含碳量大于 2.11%的合金称为铸铁。

（马氏体相变）临界冷却速度：

在钢的生产中，只发生马氏体转变的最小冷却速度，称为临界冷却速度。

调质处理：

淬火加高温回火的双重热处理，其目的是使工件具有良好的综合机械性能。

铸铁生产中的变质处理（孕育处理）：

是指在浇注前向铁液中加入变质剂，借增加非自发形核使石墨细化的工艺处理。

钢的热处理（预备热处理+最终热处理）：

1 钢的热处理是通过加热、保温和冷却的方法，来改变钢内部组织结构，从而改善其性能上的一种工艺。影响钢的热处理的主要因素是温度和时间。

2 钢的热处理工艺通常分为退火、正火、淬火、回火、表面淬火、化学热处理以及形变热处理。

3 为随后的机械加工或进一步热处理做好组织准备的热处理，称为预备热处理，常采用退火或正火工艺；直接赋予工件所需要的使用性能的热处理，称为最终热处理。

起始晶粒度：

指珠光体刚刚全部转变成奥氏体时的奥氏体晶粒度，一般情况下奥氏体的起始晶粒度总是比较细小。加热前原始组织越弥散，加热速度越快，则起始晶粒越细小。

实际晶粒度：

在某一具体加热或热加工条件下所得到的奥氏体晶粒度。

本质晶粒度：

它表示在临界温度以上加热过程中，奥氏体晶粒长大倾向的强弱。研究指出，随加热温度升高，钢中的奥氏体晶粒长大倾向分两类，一类是随温度升高，奥氏体晶粒迅速长大的钢，称为本质粗晶粒钢；另一类是奥氏体晶粒长大倾向较小，直到超过某一温度后，奥氏体晶粒才会急剧长大的钢，称为本质细晶粒钢。

组织遗传现象：

加热后钢的粗大奥氏体晶粒，经淬火后得到粗大的马氏体，再次快速或慢速加热至稍高于临界温度，奥氏体仍保留了原来的粗大晶粒，甚至保留了原来的位向和原来的晶界，这种现象称为组织遗传。

相变的温度迟滞：

在相变过程中，加热或冷却的速度越大，实际发生相变的临界点偏离平衡态相变临界点的温度间隔也越大，这种现象称为相变的温度迟滞。

莱氏体和变态莱氏体：

在 1148℃或略低于 1148℃温度下，含碳量大于 2.11%的铁碳合金发生共晶反应，反应后得到的由奥氏体和渗碳体组成的共晶组织称为莱氏体。在莱氏体中，渗碳体是连续分布的相，奥氏体呈颗粒状分布在渗碳体基体上。

经过共析反应后的莱氏体组织称为变态莱氏体。

奥氏体：

碳在 γ -Fe 中形成的间隙固溶体称为奥氏体，呈面心立方结构。

珠光体：

是奥氏体经共析转变所形成的铁素体与渗碳体组成的机械混合物。常见组织形态为片层状和粒状组织。

贝氏体：

将奥氏体化的钢过冷到 B_s 至 M_s 温度范围内，依靠切变进行奥氏体向铁素体的点阵重构，并通过碳原子的扩散进行碳化物的沉淀析出，产生贝氏体转变，转变的产物为贝氏体。（主要包括 $B_{上}$ 和 $B_{下}$ ）

马氏体：

碳溶于 α -Fe 的过饱和固溶体，是奥氏体通过无扩散型相变（切变共格性相变）形成的亚稳相，用 M 表示。

二次渗碳体：

在冷却过程中，沿奥氏体晶界析出的渗碳体，多在过共析钢中出现，一般呈网状，由于对性能的影响不利，常可通过正火来消除二次渗碳体网，以改善性能。

过冷奥氏体：

奥氏体冷至临界温度以下，处于热力学不稳定状态，称为过冷奥氏体。

TTT 曲线（C 曲线）：

过冷奥氏体在等温冷却转变过程中，温度，时间和转变初始、终了之间的关系曲线称为 TTT 曲线。

CCT 曲线：

过冷奥氏体在连续冷却转变过程中，温度，时间及转变量之间的关系曲线称为 CCT 曲线。

合金渗碳体：

以渗碳体为基，通过溶解其它元素形成的固溶体，称为合金渗碳体。

写作 $(\text{Fe}, \text{Me})_3\text{C}$ 。

（马氏体）二相式分解：

高碳马氏体在 100-150℃ 回火时，碳原子只作短距离迁移，析出的 ϵ 碳化物从周围取的碳原子长大，从而形成贫碳区 M' ，远离 ϵ 的地区仍是高碳区 M ，故称为马氏体的二相式分解。

（马氏体）连续式分解：

高碳马氏体在 150℃ 以上回火时，碳原子可作较长距离迁移，随 ϵ 碳化物析出， α 相碳浓度均匀降低，故称为马氏体的连续式分解。

等温淬火：

将奥氏体化的工件淬入略高于 M_s 的等温盐浴中，停留足够时间，使过冷奥氏体等温转变为 $B_{\text{下}}$ 后取出空冷，这种淬火冷却方式称为等温淬火。

促进奥氏体形成元素（扩大 γ 相区元素）：

在铁与合金元素组成的二元相图中，使 A_3 点温度降低， A_4 点温度升高，并在相当宽的温度范围内与 γ -Fe 可以无限固溶或有相当大的溶解度的合金元素。

惯习面：

马氏体相变时，新相总是在母相的某个晶面族上形成，这种晶面称为惯习面。

马氏体转变的特点：

1 不会引起化学成分的变化，只产生结构类型的改变，但有时会发生有序度的变化。

2 马氏体可能是亚稳平衡相，也可是稳定平衡相。

3 马氏体转变也可划分为形核和长大两个元过程，但与扩散转变不同，马氏体成长速度非常快。

4 马氏体转变不需要原子扩散，原子协同做小范围位移，以类似孪生切变的方式形成新相。新相与母相之间的界面必须保持切变式的共格关系，因此有浮凸现象。

5 应力也可以诱发马氏体发生转变。

6 在一些合金系中，马氏体转变是可逆的。

热稳定化：

1 淬火过程中由于慢冷或中间停留所造成的奥氏体稳定化，称为热稳定化。

2 奥氏体热稳定化的原因是由于慢冷或中间停留，碳或氮原子在位错附近偏聚，形成柯氏气团，强化奥氏体，使切变阻力增加，从而引起奥氏体的稳定化。

机械稳定化：

在 M_d 点以上，对奥氏体进行大量范性形变，使随后的马氏体转变发生困难， M_s 点降低，马氏体转变量减少，这种现象称为奥氏体的机械稳定化。

化学热处理：

将钢件放在一定温度的化学活性介质中，使一种或几种元素的原子渗入钢件表面，以改变工件表面层的化学成分，从而获得预期的组织和性能的热处理过程。

渗碳：

将低碳钢件放入增碳的活性介质中，在 $900\sim 950^\circ\text{C}$ 加热保温，使活性碳原子渗入钢的表面以达到高碳，这种热处理工艺称为渗碳。渗碳后必须必须进行淬火和低温回火，使钢件表面具有高硬度和高的耐磨性，而心部具有一定的强度和较高的

韧性。渗碳过程是由渗碳剂分解出活性碳原子，被钢表面吸收，并向钢内部扩散三个阶段组成。

渗氮：

使活性氮原子渗入钢件表面，形成富氮硬化层的化学热处理过程称为渗氮（或氮化）。与渗碳相比，氮化后的工件有以下特点：高的表面硬度，具有更高的耐磨性；更高的疲劳强度和较低的缺口敏感性；高的抗腐蚀性；工艺温度低，变形最小。

集肤效应：

做感应加热时，感应电流在工件中分布不均匀，主要集中在表面，心部几乎没有电流通过，这种现象称为集肤效应。

热机械处理：

在近于 Ac_3 的温度强烈形变，恒温或慢冷一段使形变奥氏体再结晶，快速冷却阻止再结晶的晶粒长大。

475℃脆性：

高铬不锈钢在 400–500℃ 长期加热后，常会出现钢的强度升高，韧性大幅度降低，并伴随着耐蚀性的降低，由于这一现象多见于加热温度在 475℃ 左右，因此被称作 475℃ 脆性。

低温脆性：

当钢件的温度低于某温度 T_k (韧脆临界转变温度) 时，冲击吸收功明显下降，材料由韧性状态变为脆性状态，这种现象称为低温脆性。

红硬性：

红硬性是指材料在经过一定温度下保持一定时间后所能保持其硬度的能力。

如刀具材料中的高速钢，应在 600 摄氏度下保持 60 分钟后空冷，连续地重复进行 4 次后去表面氧化层，然后得出的硬度。

热硬性：

热硬性是指钢在较高温度下，仍能保持较高硬度的性能。

钢经淬火后，随着回火温度的提高，硬度降低，但在加入了较多的合金元素的情况下（高合金钢），在较高温度下回火，钢仍可保持较高的硬度和耐磨性，比较典型的例子 W18Cr4V 高速钢，在 560 度回火三次，硬度可达 63~64HRC。

水韧处理:

实际为一种固溶处理, 常用于高锰钢, 由于高锰钢的铸态组织为奥氏体, 碳化物及少量的相变产物珠光体所组成。沿奥氏体晶界析出的碳化物降低钢的韧性, 为消除碳化物, 将钢加热至奥氏体区温度并保温一段时间, 使铸态组织中的碳化物基本上都固溶到奥氏体中, 然后快速冷却, 从而得到单一的过冷奥氏体组织。

蠕变:

金属与合金在高温下, 即使承受的是低于该温度的屈服强度的载荷, 也会发生连续而缓慢的范性形变, 这种现象称为蠕变。

蠕变强度: 在某一温度下, 一定时间内, 允许一定形变所能承受的应力。

持久强度: 在某一温度下, 在规定时间内, 断裂时所能承受的最高应力。

持久寿命: 在某一温度下, 在规定应力作用下, 从加载到拉断的时间。

控轧控冷:

就是在一定合金化的基础上, 采用较低的终轧温度 (近于 A_3), 在大压下量的情况下, 使晶粒已经细化的形变奥氏体再结晶后 (或根本不发生再结晶) 控制其不再长大, 经快冷或控冷得到细小的铁素体晶粒, 同时具有高位错及弥散析出的 NbC 等, 由此造成强化和低温韧性的显著增大, 这种强韧化手段叫控轧控冷。

粗大奥氏体晶粒的遗传性:

生产中发现, 过热后钢的粗大奥氏体晶粒, 经淬火后得到粗大的马氏体, 再次快速或慢速加热至稍高于临界温度, 奥氏体仍然保留了原来的粗大晶粒, 甚至保留原来的位向和原来的晶界, 这种现象称为组织遗传。其原因是过热后的粗晶粒奥氏体与马氏体之间相互转变维持着严格的晶体学取向关系。

消除方法: 中等速度奥氏体化或者加热到 A_{c3} 以上 $100-200^{\circ}C$, 由于相变硬化使高温奥氏体产生再结晶, 达到细化晶粒, 消除组织遗传性的效果。

回火二次硬化现象:

某些淬火组织的合金钢 (如含钨、钼、钛、钒、铌、铬、钨等元素) 经 $500-600^{\circ}C$ 回火后, 硬度重新升高的现象。

主要原因是某些含有强碳化物形成元素的合金钢, 淬火后高温回火形成极细的、高度弥散的特殊化合物。这些特殊化合物是渗碳体溶解在位错区的沉淀, 多呈丝状或细针状, 而且与 α 相保持共格关系。这就导致了 α 相中高密度相变诱发位

错的形成，引起碳化物与 α 相的共格畸变、弥散碳化物对位错的钉扎作用等，使得硬度明显提高。

其次，某些合金钢淬火组织高温回火时的二次淬火现象也是引起二次硬化的原因。

二次淬火：

对于含有较多合金元素的钢，在珠光体型转变和贝氏体型转变 C 曲线之间，有一个过冷奥氏体的中间稳定区。与此相似，这类钢的残留奥氏体，在相应的回火温度时，也出现两转变之间的中间稳定区。然而，将这类淬火钢回火加热至该区间的上限温度时，残留奥氏体既不转变成珠光体，也不转变成贝氏体，而是在继续冷却到室温时转变成马氏体。这一效应叫做二次淬火。

高温形变热处理与低温形变热处理：

高温形变热处理：在接近 A3 以上温度进行形变，形变后立即淬火，并回火至所需要的硬度。从工艺过程来看，形变温度较高，形变温度容易进行。但形变温度远高于再结晶温度，形变强化效果容易被再结晶过程所削弱，所以形变温度和形变后至淬火前的间歇时间，对高温形变热处理后钢材的力学性能影响很大。

低温形变热处理：将加热至奥氏体化的钢迅速冷却至 C 曲线的亚稳定区进行形变，然后淬火获得马氏体，并回火至所需的硬度，这种工艺过程称为低温热变形处理。

淬透性：

- 1 淬透性是钢的固有属性，它是选材和制定热处理工艺的重要依据之一。
- 2 淬透性是指钢在淬火时获得马氏体的能力。其大小用钢在一定条件下淬火所获得的淬透性深度来表示。

淬硬性：

- 1 是指钢在理想的淬火条件下，以超过临界冷却速度所形成的马氏体组织能够达到的最高硬度，也称可硬性。
- 2 主要取决于马氏体中的含碳量，碳含量越高，则钢的淬硬性越高。其他合金元素的影响比较小。

过热：

过热是指工件在淬火加热时，由于温度过高或时间过长，造成奥氏体晶粒粗大的缺陷。过热不仅使淬火后得到的马氏体组织粗大，使工件的强度和韧性降低，

易于产生脆断，而且容易引起淬火裂纹。对于过热工件，进行一次细化晶粒的退火或正火，然后再按工艺规程进行淬火，便可以纠正过热组织。

石墨化过程：

第一阶段：从铸铁的液相中结晶出一次石墨（过共晶合金）和通过共晶反应结晶出共晶石墨。或者在铸铁凝固过程中通过渗碳体在共晶温度以上的高温分解形成石墨。

中间阶段：从铸铁的奥氏体相中直接析出二次石墨，或者通过渗碳体在共晶温度或共析温度之间发生分解而形成石墨。

第二阶段：在铸铁的共析转变过程中析出石墨，或者通过渗碳体在共析温度附近及其以下温度发生分解形成石墨。

进行石墨化时，不仅需要碳原子在溶液或固溶体中的扩散集聚，而且还需要铁原子从碳的集聚处扩散掉。温度越低，原子的活动性愈小，石墨化过程也就愈困难。所以，在铸铁的连续冷却过程中，温度较低的第二阶段石墨化往往不能进行到底。

一般来说，凡是能削弱铁原子和碳原子之间的结合力的元素以及能增大铁原子扩散能力的元素大多能促进石墨化，比如：锆、钴、磷、铜、镍、钛、硅、碳、铝等；反之，则阻碍石墨化，比如：钨、锰、钼、硫、铬、钒、镁、铈、硼等。

几种常见的铸铁：

(1)**白口铸铁**：其中碳除少量溶于铁素体外，绝大部分以渗碳体的形式存在于铸铁中。白口铸铁断口呈亮白色，组织中都存在共晶莱氏体，性能硬而脆，很难切削加工。白口铸铁除主要用作炼钢原料外，还用来生产可锻铸铁。

(2)**麻口铸铁**：碳一部分以石墨形式存在，另一部分以自由渗碳体形式存在，断口呈黑白相间的麻点。

(3)**灰口铸铁**：其中碳全部或大部分以片状石墨形式存在。灰口铸铁断裂时，裂纹沿各个石墨片发展，因而断口呈暗灰色。

(4)**可锻铸铁**：又称展性铸铁，由白口铸铁经石墨化退火后制成，其中碳以团絮状石墨形式存在。

(5)**球墨铸铁**：钢液在浇注前经过球化处理，碳主要以球状石墨形式存在。

(6)**冷硬铸铁**：将钢液注入放有冷铁的模中制成。与冷铁相接触的铸铁表面层由于冷却速度比较快，故铸铁组织在一定厚度内属于白口，因而硬度高，耐磨性好；

而远离冷铁的深层部位，由于冷却速度较小，得到的组织为灰口；在白口和灰口之间的过渡区域呈麻口。冷硬铸铁用于制造轧辊、车轮等。

(7) **蠕墨铸铁**：钢液在浇注前经过蠕化处理，碳主要以介于片状和球状之间的石墨形式存在，它是近年发展起来的一种新型铸铁。

回火马氏体：

高碳钢在 150–250℃ 低温回火，得到回火马氏体组织。回火马氏体光学显微镜下呈暗黑色片状组织，比淬火马氏体易受腐蚀。在电子显微镜下可以观察到片状 α 相内分布着薄片状 ϵ 碳化物，两者保持共格关系。低碳板条状马氏体低温回火后，只是碳原子的偏聚，与淬火马氏体没有显著差别。

回火屈氏体：

在 350–500℃ 进行中温回火后，得到回火屈氏体组织。其组织特征是： α 相仍保持板条状或者片状形态，其上分布着微细粒状渗碳体，在光学显微镜下难以分辨，在电子显微镜下才能辨清两相。

回火索氏体：

在 500——650℃ 进行高温回火，得到回火索氏体组织。其组织是由细粒状渗碳体和等轴状铁素体所构成的复相组织。

粒状珠光体：

在 650–A1 之间回火时，粒状渗碳体明显粗化。此种粒状珠光体与球化退火所得到的组织相同。范性很好，强度较低。

碳钢回火脆性的定义、原因及消除或改善方法

在 250–400℃ 和 450–650℃ 区域存在着冲击韧显著下降的现象，这种脆化现象称为回火脆性。

(1) 其中在 250–400℃ 范围内回火时出现的脆性称为第一类回火脆性，存在于一切钢种之中。此后若重新加热至第一类回火脆化温区，也不再出现脆性。故又称不可逆回火脆性。因其出现与低温回火温度范围，故又称低温回火脆性。发生第一类回火脆性的钢件，断口呈晶间断裂；无第一次回火脆性的钢件，呈穿晶断裂。

消除或改善的方法：

- ① 以极快的速度加热和冷却以及高温形变热处理。

② 以非碳化合物形成元素(Si)来合金化,一起有效地推迟马氏体脱溶的作用,使低温回火脆性温度区上移,从而使钢获得高强韧性。

导致第一类回火脆性的原因是 ϵ 相转变 θ 相或 χ 相,沿板条马氏体的条间、束界或片状马氏的孪晶带和晶界上析出,引起钢的韧性明显降低。

(2)淬火的合金钢在450–650℃范围内回火后,进行慢冷所出现的脆性,称为高温回火脆性。已产生脆性的工件,重新加热到600℃以上保温,然后快冷,则可消除此类脆性。如在600℃以上再次加热慢冷,脆性又将出现,故也称为可逆回火脆性。

产生第二类回火脆性的原因是:锑、锡、砷、磷等杂质元素在原奥氏体晶界上偏聚或以化合物方式析出,是导致第二类回火脆性的主要原因。

为了防止高温回火脆性,可在钢中加入0.5%钼或1%钨,抑制杂质元素向晶界偏聚,这种方法适用于大工件。对于中小工件,可采用高温回火后快冷,抑制杂质元素偏聚。

介绍几种常见的退火工艺、目的及应用

1 完全退火

将亚共析钢加热至 Ac_3 以上20–30℃,保温足够时间奥氏体化后,随炉缓慢冷却,从而接近平衡的组织,这种热处理工艺称为完全退火。

经浇注并模冷后的钢锭和铸钢件,或终轧终止温度过高的热锻轧件,晶粒粗大,易得魏氏组织,并存在着内应力。可通过完全退火来细化晶粒、均匀组织、消除内应力、降低硬度,便于切削加工,并为加工后零件的淬火做好组织准备。

完全退火只适用于亚共析钢,不宜用于过共析钢。过共析钢若加热至 A_{cm} 以上单相奥氏体区,缓冷后会析出网状二次渗碳体,使钢的强度、范性和韧性大大降低。

2 不完全退火

亚共析钢在 Ac_1 – Ac_3 之间或过共析钢在 Ac_1 – A_{cm} 之间两相区加热,保温足够时间,进行缓慢冷却的热处理工艺,称为不完全退火。

如果亚共析钢的终轧终止温度适当,并未引起晶粒粗化,铁素体和珠光体的分布又无异常现象,采用不完全退火,可以进行部分重结晶,起到细化晶粒,改善组织,降低硬度和消除内应力的作用。亚共析钢的不完全退火温度一般为740–780℃,其优点是加热温度低,操作条件好,节省燃料和时间。

过共析钢退火是为了细化和均匀组织,降低硬度和消除内应力。

3 等温退火

等温退火是将钢件加热到临界温度（过共析钢 Ac_1 或亚共析钢 Ac_3 ）以上奥氏体化，然后将钢件移入另一温度稍低于 Ar_1 的炉中等温停留，不可太高也不宜过低。太高则等温时间过长，且硬度偏低；过低则硬度偏高。原则是在保证硬度合格的条件下，尽量选用较低的等温温度，以缩短等温时间，提高劳动生产率。当转变完成后，出炉空冷至室温。

等温退火时转变易于控制，更适用于过冷奥氏体稳定性高的合金钢，可以节省钢件在炉内的时间，提高退火炉的周转率。

4 球化退火

球化退火是使钢中的碳化物球化，获得粒状珠光体的热处理工艺，主要用于过共析钢，如碳素工具钢、低合金工具钢和滚珠轴承钢。

球化退火的目的是降低硬度，改善切削加工性能，以及获得均匀的组织，并为最后的淬火处理做组织准备。其加热温度范围一般取 Ac_1 以上 $20-30^{\circ}\text{C}$

经球化退火后组织的优点：

- (1)由片状变成粒状珠光体，降低硬度，改善切削加工性能。
- (2)粒状珠光体加热时奥氏体晶粒不易长大，允许有较宽的淬火温度范围，淬火时变形开裂倾向小，即淬火的工艺性能好。
- (3)能获得最佳的淬火组织，即马氏体片细小，残余奥氏体量少，并保留一定量均匀分布的粒状碳化物。

另外具有明显网状碳化物结构的钢材，必须先进行正火消除碳化物网，再进行球化退火。

5 扩散退火

扩散退火也称均匀化退火，主要用于合金钢钢锭或铸件，它们在浇注后凝固过程中总会产生合金元素的枝晶偏析，即化学成分不均匀性。扩散退火是通过高温长时间加热奥氏体化，使分布不均匀的元素通过扩散，以消除或者减弱枝晶偏析。

常用扩散退火温度是 $1100^{\circ}\text{C}-1200^{\circ}\text{C}$ ，保温时间为 10-15 小时。钢中合金元素含量越高，所采用的加热温度越高。经高温长时间加热扩散退火后，奥氏体晶粒已经过度长大，如不再进行热加工，必须进行一次完全退火或正火以细化晶粒。

6 低温退火

低温退火是把钢件加热到低于 Ac_1 温度退火，又叫消应力退火，主要用于消除铸件、锻件、焊接件、冷冲压件和机加工件中的残余应力，提高稳定性，防止淬火变形开裂。它包括软化退火和再结晶退火。

常用的软化退火温度为 $650-720^{\circ}\text{C}$ ，保温后出炉空冷。钢锭经软化退火后，消除了内应力，避免钢锭开裂，并降低硬度便于钢锭表面清理。合金结构钢的锻轧钢材，经软化退火后能消除内应力和降低硬度，对于过冷奥氏体稳定性高的合金钢，降低硬度效果更为显著。

再结晶退火是将冷加工硬化的钢材，加热至 T 再 $-Ac_1$ 之间进行，通常为 $650-700^{\circ}\text{C}$ 。其目的是通过再结晶使变形晶粒恢复成等轴状晶粒，从而消除加工硬化。

热处理工艺中的正火、退火、淬火、回火的定义、目的及应用

1 正火：将钢加热到 Ac_3 或 A_{cm} 以上约 $30-50^{\circ}\text{C}$ ，或者更高的温度，保温足够时间，然后在静止空气中冷却的热处理工艺，得到的显微组织为珠光体。

正火的目的：

(1)对于大锻件、截面较大的钢材、铸件，用正火来细化晶粒，均匀组织。如消除魏氏组织或带状组织，为下一步淬火处理做好组织准备，它相当于退火的效果。

(2)低碳钢退火后硬度太低，切削加工中易粘刀，光洁度较差。改用正火，可提高硬度，改善切削加工性。

(3)可作为某些中碳钢或中碳低合金钢工件的最终热处理，以代替调质处理，具有一定的综合力学性能。

(4)用于过共析钢，可以消除网状碳化物，便于球化退火

正火的用途：

正火操作方便、成本较低、生产周期短、生产效率高，主要用于改善低碳非合金钢(低碳钢)的切削加工性能，消除中碳非合金钢的热加工缺陷，消除过共析钢的网状碳化物，也可用于某些低温化学热处理件的预处理及某些结构钢的最终热处理。

2 退火：将钢加热到临界点 Ac_1 以上或以下的一定温度，保温一定时间，然后缓慢冷却，以获得接近平衡状态的组织的的热处理工艺。

退火的目的是：

(1)消除钢锭的成分偏析，使成分均匀化。

(2)消除铸、锻件存在的魏氏组织或带状组织，细化晶粒和均匀组织。

(3)降低硬度，提高塑性，改善组织，以便于切削加工和冷变形加工。

(4)改善高碳钢中碳化物形态和分布，为淬火做好准备

(5)消除组织遗传，淬火过热组织。

(6)消除零件的加工应力，稳定零件尺寸。

(7)脱除氢气，消除白点。

3 淬火：将钢加热到临界点 Ac_1 或 Ac_3 以上的一定温度，保温一段时间，然后在水或油等冷却介质中快速冷却的热处理工艺。

淬火的主要目的，是把奥氏体化工件淬成马氏体，以便在适当温度回火，获得所需要的力学性能。

4 回火：将淬火后的钢在 A_1 温度下加热，使之转变成稳定的回火组织的工艺过程。此过程不仅保证组织转变，而且要消除内应力，故应有足够的保温时间

回火的目的就是消除应力、稳定组织、调整性能。

几种常见的回火工艺，目的及应用

1 低温回火

在 $150-250^{\circ}\text{C}$ 之间进行，回火后组织为回火马氏体。其目的是降低淬火内应力，使其具有一定韧性，并保持高的硬度。

低温回火一般用来处理要求高硬度、高耐磨性工件，如模具、刀具、滚动轴承和渗碳件等。低碳合金钢淬火后，经低温回火具有高的综合力学性能。

2 中温回火

在 $350-500^{\circ}\text{C}$ 之间进行，回火后组织为回火屈氏体。中温回火后具有高的弹性极限，并具有足够的韧性，中温回火主要用来处理各种弹簧，也可用于处理要求高强度的工件，如刀杆、轴套等。

3 高温回火

在 $500-650^{\circ}\text{C}$ 之间进行，回火后组织为回火索氏体。习惯上把这种淬火加高温回火的双重处理称为调质处理。调质处理后钢件具有高的范性和韧性，强度也较高，即具有高的综合力学性能。调质处理广泛用于要求高强度并受冲击或交变负荷。

