

# 热处理

热处理是将材料放在一定的介质内加热、保温、冷却，通过改变材料表面或内部的组织结构,来控制其性能的一种综合工艺过程。

热处理名词：

**金属：**具有不透明、金属光泽良好的导热和导电性并且其导电能力随温度的增高而减小，富有延性和展性等特性的物质。金属内部原子具有规律性排列的固体（即晶体）。

**合金：**由两种或两种以上金属或金属与非金属组成，具有金属特性的物质。

**相：**合金中成份、结构、性能相同的组成部分。

**固溶体：**是一个（或几个）组元的原子（化合物）溶入另一个组元的晶格中，而仍保持另一组元的晶格类型的固态金属晶体，固溶体分间隙固溶体和置换固溶体两种。

**固溶强化：**由于溶质原子进入溶剂晶格的间隙或结点，使晶格发生畸变，使固溶体硬度和强度升高，这种现象叫固溶强化现象。

**化合物：**合金组元间发生化合作用，生成一种具有金属性能的新的晶体固态结构。

**机械混合物：**由两种晶体结构而组成的合金组成物，虽然是两面种晶体，却是一种组成成分，具有独立的机械性能。

**铁素体：**碳在 **a-Fe**（体心立方结构的铁）中的间隙固溶体。

**奥氏体：**碳在 **g-Fe**（面心立方结构的铁）中的间隙固溶体。

**渗碳体：**碳和铁形成的稳定化合物（**Fe<sub>3</sub>C**）。

**珠光体：**铁素体和渗碳体组成的机械混合物（**F+Fe<sub>3</sub>C** 含碳 **0.8%**）

**莱氏体：**渗碳体和奥氏体组成的机械混合物（含碳 **4.3%**）

金属热处理是机械制造中的重要工艺之一，与其他加工工艺相比，热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分，而是通过改变工件内部的显微组织，或改变工件表面的化学成分，赋予或改善工件的使用性能。其特点是改善工件的内在质量，而这一般不是肉眼所能看到的。

为使金属工件具有所需要的力学性能、物理性能和化学性能，除合理选用材料和各种成形工艺外，热处理工艺往往是必不可少的。钢铁是机械工业中应用最广的材料，钢铁显微组织复杂，可以通过热处理予以控制，所以钢铁的热处理是金属热处理的主要内容。另外，铝、铜、镁、钛等及其合金也都可以通过热处理改变其力学、物理和化学性能，以获得不同的使用性能。

在从石器时代进展到铜器时代和铁器时代的过程中，热处理的作用逐渐为人们所认识。早在公元前 **770**~前 **222** 年，中国人在生产实践中就已发现，铜铁的性能会因温度和加压变形的影响而变化。白口铸铁的柔化处理就是制造农具的重要工艺。

公元前六世纪，钢铁兵器逐渐被采用，为了提高钢的硬度，淬火工艺遂得到迅速发展。中国河北省易县燕下都出土的两把剑和一把戟，其显微组织中都有马氏体存在，说明是经过淬火的。

随着淬火技术的发展，人们逐渐发现淬冷剂对淬火质量的影响。三国蜀人蒲元曾在今陕西斜谷为诸葛亮打制 3000 把刀，相传是派人到成都取水淬火的。这说明中国在古代就注意到不同水质的冷却能力了，同时也注意了油和尿的冷却能力。中国出土的西汉(公元前 206~公元 24)中山靖王墓中的宝剑,心部含碳量为 0.15~0.4%，而表面含碳量却达 0.6%以上，说明已应用了渗碳工艺。但当时作为个人“手艺”的秘密，不肯外传，因而发展很慢。

1863 年，英国金相学家和地质学家展示了钢铁在显微镜下的六种不同的金相组织，证明了钢在加热和冷却时，内部会发生组织改变，钢中高温时的相在急冷时转变为一种较硬的相。法国人奥斯蒙德确立的铁的同素异构理论，以及英国人奥斯汀最早制定的铁碳相图，为现代热处理工艺初步奠定了理论基础。与此同时，人们还研究了在金属热处理的加热过程中对金属的保护方法，以避免加热过程中金属的氧化和脱碳等。

1850~1880 年，对于应用各种气体(诸如氢气、煤气、一氧化碳等)进行保护加热曾有一系列专利。1889~1890 年英国人莱克获得多种金属光亮热处理的专利。

二十世纪以来，金属物理的发展和其他新技术的移植应用，使金属热处理工艺得到更大发展。一个显著的进展是 1901~1925 年，在工业生产中应用转筒炉进行气体渗碳；30 年代出现露点电位差计,使炉内气氛的碳势达到可控，以后又研究出用二氧化碳红外仪、氧探头等进一步控制炉内气氛碳势的方法；60 年代，热处理技术运用了等离子场的作用，发展了离子渗氮、渗碳工艺；激光、电子束技术的应用，又使金属获得了新的表面热处理和化学热处理方法。

#### 金属热处理的工艺

热处理工艺一般包括加热、保温、冷却三个过程，有时只有加热和冷却两个过程。这些过程互相衔接，不可间断。

加热是热处理的重要工序之一。金属热处理的加热方法很多，最早是采用木炭和煤作为热源，进而应用液体和气体燃料。电的应用使加热易于控制，且无环境污染。利用这些热源可以直接加热，也可以通过熔融的盐或金属，以至浮动粒子进行间接加热。

金属加热时，工件暴露在空气中，常常发生氧化、脱碳(即钢铁零件表面碳含量降低)，这对于热处理后零件的表面性能有很不利的影响。因而金属通常应在可控气氛或保护气氛中、熔融盐中和真空中加热，也可用涂料或包装方法进行保护加热。

加热温度是热处理工艺的重要工艺参数之一，选择和控制加热温度，是保证热处理质量的主要问题。加热温度随被处理的金属材料 and 热处理的目的不同而异，但一般都是加热到相变温度以上，以获得高温组织。另外转变需要一定的时间，因此当金属工件表面达到要求的加热温度时，还须在此温度保持一定时间，使内外温度一致，使显微组织转变完全，这段时间称为保温时间。采用高能密度加热和表面热处理时，加热速度极快，一般就没有保温时间，而化学热处理的保温时间往往较长。

冷却也是热处理工艺过程中不可缺少的步骤，冷却方法因工艺不同而不同，主要是控制冷却速度。一般退火的冷却速度最慢，正火的冷却速度较快，淬火的冷却速度

更快。但还因钢种不同而有不同的要求，例如空硬钢就可以用正火一样的冷却速度进行淬硬。

金属热处理工艺大体可分为整体热处理、表面热处理和化学热处理三大类。根据加热介质、加热温度和冷却方法的不同，每一大类又可区分为若干不同的热处理工艺。同一种金属采用不同的热处理工艺，可获得不同的组织，从而具有不同的性能。钢铁是工业上应用最广的金属，而且钢铁显微组织也最为复杂，因此钢铁热处理工艺种类繁多。

整体热处理是对工件整体加热，然后以适当的速度冷却，以改变其整体力学性能的金属热处理工艺。钢铁整体热处理大致有退火、正火、淬火和回火四种基本工艺。

退火是将工件加热到适当温度，根据材料和工件尺寸采用不同的保温时间，然后进行缓慢冷却，目的是使金属内部组织达到或接近平衡状态，获得良好的工艺性能和使用性能，或者为进一步淬火作组织准备。

正火是将工件加热到适宜的温度后在空气中冷却，正火的效果同退火相似，只是得到的组织更细，常用于改善材料的切削性能，也有时用于对一些要求不高的零件作为最终热处理。

淬火是将工件加热保温后，在水、油或其它无机盐、有机水溶液等淬冷介质中快速冷却。淬火后钢件变硬，但同时变脆。

为了降低钢件的脆性，将淬火后的钢件在高于室温而低于  $650^{\circ}\text{C}$  的某一适当温度进行长时间的保温，再进行冷却，这种工艺称为回火。

退火、正火、淬火、回火是整体热处理中的“四把火”，其中的淬火与回火关系密切，常常配合使用，缺一不可。

“四把火”随着加热温度和冷却方式的不同，又演变出不同的热处理工艺。为了获得一定的强度和韧性，把淬火和高温回火结合起来的工艺，称为调质。某些合金淬火形成过饱和固溶体后，将其置于室温或稍高的适当温度下保持较长时间，以提高合金的硬度、强度或电性磁性等。这样的热处理工艺称为时效处理。

把压力加工形变与热处理有效而紧密地结合起来进行，使工件获得很好的强度、韧性配合的方法称为形变热处理；在负压气氛或真空中进行的热处理称为真空热处理，它不仅能使工件不氧化，不脱碳，保持处理后工件表面光洁，提高工件的性能，还可以通入渗剂进行化学热处理。

表面热处理是只加热工件表层，以改变其表层力学性能的金属热处理工艺。为了只加热工件表层而不使过多的热量传入工件内部，使用的热源须具有高的能量密度，即在单位面积的工件上给予较大的热能，使工件表层或局部能短时或瞬时达到高温。表面热处理的主要方法有火焰淬火和感应加热热处理，常用的热源有氧乙炔或氧丙烷等火焰、感应电流、激光和电子束等。

化学热处理是通过改变工件表层化学成分、组织和性能的金属热处理工艺。化学热处理与表面热处理不同之处是后者改变了工件表层的化学成分。化学热处理是将工件放在含碳、氮或其它合金元素的介质(气体、液体、固体)中加热，保温较长时间，

从而使工件表层渗入碳、氮、硼和铬等元素。渗入元素后，有时还要进行其它热处理工艺如淬火及回火。化学热处理的主要方法有渗碳、渗氮、渗金属。

热处理是机械零件和工模具制造过程中的重要工序之一。大体来说，它可以保证和提高工件的各种性能，如耐磨、耐腐蚀等。还可以改善毛坯的组织和应力状态，以利于进行各种冷、热加工。

例如白口铸铁经过长时间退火处理可以获得可锻铸铁，提高塑性；齿轮采用正确的热处理工艺，使用寿命可以比不经热处理的齿轮成倍或几十倍地提高；另外，价廉的碳钢通过渗入某些合金元素就具有某些价昂的合金钢性能，可以代替某些耐热钢、不锈钢；工模具则几乎全部需要经过热处理方可使用。

退火---淬火---回火

### 一. 退火的种类

#### 1. 完全退火和等温退火

完全退火又称重结晶退火，一般简称为退火，这种退火主要用于亚共析成分的各种碳钢和合金钢的铸，锻件及热轧型材，有时也用于焊接结构。一般常作为一些不重工件的最终热处理，或作为某些工件的预先热处理。

#### 2. 球化退火

球化退火主要用于过共析的碳钢及合金工具钢（如制造刀具，量具，模具所用的钢种）。其主要目的在于降低硬度，改善切削加工性，并为以后淬火作好准备。

#### 3. 去应力退火

去应力退火又称低温退火（或高温回火），这种退火主要用来消除铸件，锻件，焊接件，热轧件，冷拉件等的残余应力。如果这些应力不予消除，将会引起钢件在一定时间以后，或在随后的切削加工过程中产生变形或裂纹。

二. 淬火时，最常用的冷却介质是盐水，水和油。盐水淬火的工件，容易得到高的硬度和光洁的表面，不容易产生淬不硬的软点，但却易使工件变形严重，甚至发生开裂。而用油作淬火介质只适用于过冷奥氏体的稳定性比较大的一些合金钢或小尺寸的碳钢工件的淬火。

### 三. 钢回火的目的

1. 降低脆性，消除或减少内应力，钢件淬火后存在很大内应力和脆性，如不及时回火往往会使钢件发生变形甚至开裂。

2. 获得工件所要求的机械性能，工件经淬火后硬度高而脆性大，为了满足各种工件的不同性能的要求，可以通过适当回火的配合来调整硬度，减小脆性，得到所需要的韧性，塑性。

#### 3. 稳定工件尺寸

4. 对于退火难以软化的某些合金钢，在淬火（或正火）后常采用高温回火，使钢中碳化物适当聚集，将硬度降低，以利切削加工。

几种常见热处理概念

1. 正火：将钢材或钢件加热到临界点  $AC_3$  或  $ACM$  以上的适当温度保持一定时间后在空气中冷却，得到珠光体类组织的热处理工艺。

2. 退火 **annealing**: 将亚共析钢工件加热至 **AC3** 以上 **20—40** 度, 保温一段时间后, 随炉缓慢冷却 (或埋在砂中或石灰中冷却) 至 **500** 度以下在空气中冷却的热处理工艺

3. 固溶热处理: 将合金加热至高温单相区恒温保持, 使过剩相充分溶解到固溶体中, 然后快速冷却, 以得到过饱和固溶体的热处理工艺

4. 时效: 合金经固溶热处理或冷塑性形变后, 在室温放置或稍高于室温保持时, 其性能随时间而变化的现象。

5. 固溶处理: 使合金中各种相充分溶解, 强化固溶体并提高韧性及抗蚀性能, 消除应力与软化, 以便继续加工成型

6. 时效处理: 在强化相析出的温度加热并保温, 使强化相沉淀析出, 得以硬化, 提高强度

7. 淬火: 将钢奥氏体化后以适当的冷却速度冷却, 使工件在横截面内全部或一定的范围内发生马氏体等不稳定组织结构转变的热处理工艺

8. 回火: 将经过淬火的工件加热到临界点 **AC1** 以下的适当温度保持一定时间, 随后用符合要求的方法冷却, 以获得所需要的组织和性能的热处理工艺

9. 钢的碳氮共渗: 碳氮共渗是向钢的表层同时渗入碳和氮的过程。习惯上碳氮共渗又称为氰化, 目前以中温气体碳氮共渗和低温气体碳氮共渗 (即气体软氮化) 应用较为广泛。中温气体碳氮共渗的主要目的是提高钢的硬度, 耐磨性和疲劳强度。低温气体碳氮共渗以渗氮为主, 其主要目的是提高钢的耐磨性和抗咬合性。

10. 调质处理 **quenching and tempering**: 一般习惯将淬火加高温回火相结合的热处理称为调质处理。调质处理广泛应用于各种重要的结构零件, 特别是那些在交变负荷下工作的连杆、螺栓、齿轮及轴类等。调质处理后得到回火索氏体组织, 它的机械性能均比相同硬度的正火索氏体组织为优。它的硬度取决于高温回火温度并与钢的回火稳定性和工件截面尺寸有关, 一般在 **HB200—350** 之间。

11. 钎焊: 用钎料将两种工件粘合在一起的热处理工艺

回火的种类及应用

根据工件性能要求的不同, 按其回火温度的不同, 可将回火分为以下几种:

(一) 低温回火 (**150—250** 度)

低温回火所得组织为回火马氏体。其目的是在保持淬火钢的高硬度和高耐磨性的前提下, 降低其淬火内应力和脆性, 以免使用时崩裂或过早损坏。它主要用于各种高碳的切削刀具, 量具, 冷冲模具, 滚动轴承以及渗碳件等, 回火后硬度一般为 **HRC58—64**。

(二) 中温回火 (**350—500** 度)

中温回火所得组织为回火屈氏体。其目的是获得高的屈服强度, 弹性极限和较高的韧性。因此, 它主要用于各种弹簧和热作模具的处理, 回火后硬度一般为 **HRC35—50**。

(三) 高温回火 (**500—650** 度)

高温回火所得组织为回火索氏体。习惯上将淬火加高温回火相结合的热处理称为调质处理，其目的是获得强度，硬度和塑性，韧性都较好的综合机械性能。因此，广泛用于汽车，拖拉机，机床等的重要结构零件，如连杆，螺栓，齿轮及轴类。回火后硬度一般为 HB200—330。

#### 热处理

(1)：退火：指金属材料加热到适当的温度，保持一定的时间，然后缓慢冷却的热处理工艺。常见的退火工艺有：再结晶退火，去应力退火，球化退火，完全退火等。退火的目的：主要是降低金属材料的硬度，提高塑性，以利切削加工或压力加工，减少残余应力，提高组织和成分的均匀化，或为后道热处理作好组织准备等。

(2)：正火：指将钢材或钢件加热到或（钢的上临界点温度）以上，30~50℃保持适当时间后，在静止的空气中冷却的热处理的工艺。正火的目的：主要是提高低碳钢的力学性能，改善切削加工性，细化晶粒，消除组织缺陷，为后道热处理作好组织准备等。

(3)：淬火：指将钢件加热到 Ac3 或 Ac1（钢的下临界点温度）以上某一温度，保持一定的时间，然后以适当的冷却速度，获得马氏体（或贝氏体）组织的热处理工艺。常见的淬火工艺有盐浴淬火，马氏体分级淬火，贝氏体等温淬火，表面淬火和局部淬火等。淬火的目 的：使钢件获得所需的马氏体组织，提高工件的硬度，强度和耐磨性，为后道热处理作好组 织准备等。

(4)：回火：指钢件经淬硬后，再加热到 以下的某一温度，保温一定时间，然后冷 却到室温的热处理工艺。常见的回火工艺有：低温回火，中温回火，高温回火和多次回火等。

回火的目的：主要是消除钢件在淬火时所产生的应力，使钢件具有高的硬度和耐磨性外，并 具有所需要的塑性和韧性等。

(5)：调质：指将钢材或钢件进行淬火及高温回火的复合热处理工艺。使用于调质处理的钢称调质钢。它一般是指中碳结构钢和中碳合金结构钢。

(6)：渗碳：渗碳是指使碳原子渗入到钢表面层的过程。也是使低碳钢的工件具有高碳钢的表面层，再经过淬火和低温回火，使工件的表面层具有高硬度和耐磨性，而工件的中心部分仍然保持着低碳钢的韧性和塑性。

## 金属热处理知识

热处理 把金属材料在固态范围内通过一定的加热，保温和冷却以改变其组织和性能的一种工艺。

1、退火：将金属或合金的材料或制件加热到相变或部分相变温度，保温一段时间，然后缓慢冷却的一种热处理工艺。

2、正火：将钢加热到完全相变以上的某一温度，保温一定的时间后，在空

气中冷却的一种热处理工艺。

3、淬火：将钢加热到相变或部分相变温度，保温一段时间后，快速冷却的热处理工艺。

4、回火：将经过淬火的钢，重新加热到一定温度（相变温度以下），保温一段时间，然后冷却的热处理工艺。

5、调质处理：将钢件淬火，随之进行高温回火，这种复合工艺称调质处理。

6、表面热处理：改变钢件表面组织或化学成分，以其改善表面性能的热处理工艺。

近年来 3C 电子产品之设计（Computer, Communication, Consumption Electronic Productions）往轻、薄、短、小的方向发展，其中对于散热功能、电磁波噪声干扰、重量、环保废弃物回收等需求也日益提高，所以在材料的开发及特性选择上，需要作相当程度的考量。

镜片加硬是通过在镜片的内外表面进行有机硅化，在镜片的内外表面形成热化学及机械性保护层，以增加树脂材料耐腐蚀和抗摩擦性能。树脂材料的抗摩擦性能不如玻璃材料，但经有机硅化加硬处理之后，树脂镜片镜片的表面耐摩擦性能与玻璃镜片已经非常接近。

## 热处理变形的预防

精密复杂模具的变形原因往往是复杂的，但是我们只要掌握其变形规律，分析其产生的原因，采用不同的方法进行预防模具的变形是能够减少的，也是能够控制的。一般来说，对精密复杂模具的热处理变形可采取一下方法预防。

(1)合理选材。对精密复杂模应选择材质好的微变形模具钢(如空淬钢)，对碳化物偏析严重的模具钢应进行合理锻造并进行调质热处理，对较大和无法锻造模具钢可进行固溶双细化热处理。

(2)模具结构设计要合理，厚薄不要太悬殊，形状要对称，对于变形较大模具要掌握变形规律，预留加工余量，对于大型、精密复杂模具可采用组合结构。

(3)精密复杂模具要进行预先热处理，消除机械加工过程中产生的残余应力。

(4)合理选择加热温度，控制加热速度，对于精密复杂模具可采取缓慢加热、预热和其他均衡加热的方法来减少模具热处理变形。

(5)在保证模具硬度的前提下，尽量采用预冷、分级冷却淬火或温淬火工艺。

(6)对精密复杂模具，在条件许可的情况下，尽量采用真空加热淬火和淬火后的深冷处理。

(7)对一些精密复杂的模具可采用预先热处理、时效热处理、调质氮化热处理来控制模具的精度。

(8) 在修补模具砂眼、气孔、磨损等缺陷时，选用冷焊机等热影响小的修复设备以避免修补过程中变形的产生。

另外，正确的热处理工艺操作(如堵孔、绑孔、机械固定、适宜的加热方法、正确选择模具的冷却方向和在冷却介质中的运动方向等)和合理的回火热处理工艺也是减少精密复杂模具变形的有效措施。





## 真空热处理设备



## 真空热处理

真空热处理车间



金三维视频网  
WWW.3D88.CN

自动生产线



金三维视频网  
WWW.3D88.CN