

# T8 钢淬火工艺研究

## 摘要

本论文主要探讨不同淬火工艺参数对 T8 钢组织及力学性能的影响。采用控制变量的实验方法，研究不同淬火加热温度、保温时间对 T8 钢组织性能的影响，以确定 T8 钢的最佳淬火工艺。结果表明：其他条件相同时，淬火温度过低，珠光体组织不能完全转变为奥氏体组织，冷却时不能获得足够的马氏体组织，使得钢的硬度不足；淬火温度过高，残余奥氏体的增多以及粗大的马氏体组织，都会导致钢硬度下降。因此淬火最佳加热温度为  $A_{c1}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，此时淬火后的显微组织为马氏体+未溶碳化物+残余奥氏体，该实验中最佳加热温度为  $800^{\circ}\text{C}$ 。此外，当保温时间延长时，淬火钢的硬度由于粗大的奥氏体晶粒而降低。综上，该实验中最佳淬火工艺为加热温度  $800^{\circ}\text{C}$ ，保温时间 30min。

【关键词】 淬火工艺 T8 钢 加热温度 保温时间 力学性能

## 前言

### 1. 钢的热处理发展历程及行业现状

发展历程：

铜铁器时期，金属热处理工艺就慢慢被人们熟悉起来，从公元前 770 年到公元前 222 年，中国人发现金属性质的变化受温度影响。

公元前 6 世纪，钢制武器逐渐被人们采用。为提高钢制武器的硬度，淬火技术发展迅速。河北易县燕下渡出土的两把剑和一把戟，显微组织中均有马氏体，充分说明两种兵器都经过了淬火工艺。

随着淬火技术的迅速发展，人们已经注意到淬冷剂对淬火质量的作用。传说三国蜀人蒲元曾经为诸葛亮做了三千把刀，据说是带人去成都取水完成淬炼的。这说明古人已经发现了不同水质冷却能力的差异，同时也注意到了油和水的冷却能力。我国出土的西汉中山靖王墓中的剑，剑心含碳量为 0.1%~0.4%，但表面碳含量在 0.6% 以上，说明已应用了渗碳技术。但当时作为个人“手艺”的秘密，没有外传，导致发展比较缓慢。

行业现状：

中国是能源消耗大户，制造业是其中的重要组成部分，随着各类重工业的不断兴起，热处理在中国的机械制造业的振兴及发展中占据了不可或缺的重要地位，而制造业的迅猛发展必然会带动我国的热处理行业飞速发展，为中国热处理行业的发展提供广阔的发展平台，使其发展前景更加广阔。

### 2. 研究目的及意义

钢和铸铁是现代工业中广泛使用的合金，而钢是一种铁碳合金，含碳量为 0.021%~2.1%。工业上为了保证钢有足够的强度、塑性和韧性，钢中的含碳量不超过 1.3%-1.4%错误!未找到引用源。。作为世界上应用最多的材料之一，钢具有成本低和可靠性能两个优点，是建筑、制造业和人们生活中不可缺少的成分。可以说，钢铁是现代社会的物质基础。

T8 钢是制造业中常用的钢种，它属于高碳钢，导热性差，冷却速度太快易产生裂缝。T8 钢具有价格便宜、材料来源广及加工性能好等特点，可代替一些高合金钢制作低速切削的刀具和小型冷作模具。但由于韧性低，难以制作承受大载荷的刀具，因此需要通过热处理来改善性能错误!未找到引用源。。

由于 T8 钢含碳量高,碳化物过多,如果采用的热处理工艺不合适,在服役初期容易开裂<sup>错误!未找到引用源。</sup>。

钢的显微组织状态可以通过加热、保温、冷却来改变,并可以在很大程度上提高性能。强化钢材重要的途径之一是淬火,通过淬火技术可以显著提高工件强度和硬度,配合适当温度的回火,能满足不同要求的力学性能。T8 钢的不足之处是淬透性差,淬透层浅,淬火易变形与开裂以及强韧性差,由此可见,合理的淬火工艺对钢的最终性能有极大的影响,因此研究 T8 钢的淬火工艺具有极重要的意义。

### 3. 研究内容

本实验主要研究不同加热温度和保温时间对 T8 钢淬火硬度和组织的影响。其中包括相关理论的论述、实验方案的制定、对硬度实验数据的收集分析、对相关试样的显微组织观察。最终通过此次实验结果进行分析,确定 T8 钢最佳的热处理工艺方案。

## 1. T8钢的成分及应用

T8是淬硬性塑料模具用钢,按照化学成分分类,它是一种优质碳素工具钢,平均含碳量为0.8%,其中也含有一些硅、锰等化学成分。T8钢价格便宜,来源容易,有一定的耐磨性,淬火+回火后可以获得较高的硬度和耐磨性,但缺点是容易变形、热硬性低、淬透性差。对于碳素工具钢,随着含碳量的增多,未溶解的渗碳体越多,这导致钢的耐磨性上升,而韧性却下降。因此,T8适用于制造承受一定程度冲击而要求韧性较高的刃具,例如木工用斧、钳工錾子等,还可用于尺寸不大,结构形状简单的塑料模<sup>错误!未找到引用源。</sup>。表1.1是T8的化学成分表。

表 1.1 T8 化学成分表

材料	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Fe
T8	0.79	0.34	0.23	0.017	0.018	0.09	0.07	0.15	少量

## 2. 硬度理论基础

### 2.1. 硬度的定义及试验特点

硬度指材料的局部抵抗较硬物压入其表面的能力 错误!未找到引用源。。一般来说，硬度值越高，表明材料的耐磨性越好。材料的硬度主要由其应力应变以及塑性、韧性的指标所决定。

我们通常使用布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

1.布氏硬度 (HB)：用淬火钢球施压到材料表面，保压后卸载，压力与压痕的比值就称为布氏硬度值。以 HB 表示。主要用于库存钢材与锻件。

布氏硬度的优缺点：

- (1) 优点：测试值较稳定，准确值较洛氏法高。
- (2) 缺点：压坑大，不适合用于成品检验或薄件的硬度测量。

2.洛氏硬度 (HR)：与布氏硬度相同的方法，只是在施加压力的物体与测量方法不同。使用不同的物体压入材料得到的单位不同，它可以直接读出压痕的深度，这就是洛氏硬度的测量方法。压痕越深，材料越软，硬度越低，在日常测量时，洛氏硬度指标中 HRC 的应用最广泛。

洛氏硬度的优缺点：

- (1) 优点：测试时简单迅速，可以测量最软到最硬的材料；压痕小，可以测试成品。
- (2) 缺点：只能适用于组织均匀的试样，结果才准确。

3.维氏硬度 (HV)：与前两者相同，压入材料的是金刚石方形锥，结果是用压痕表面积与负载的比值即为维氏硬度值 (HV)。

### 2.2. 试验方法

硬度的试验方法大致分为三种：弹性回跳法、压入法、划痕法。用回跳法测得的硬度值表示金属的弹性功，用压入法测得的硬度值表示塑性变形和应变硬化的能力。划痕法主要表示材料的切断强度，其中压入法在科学研究中应用十分广泛，在本实验中，我们主要采用压入法，这种硬度试验方法适用于塑性材料，淬火钢，硬质合金等某些脆性材料的硬度。下面主要介绍下此次试验用到的洛氏硬度法 错误!未找到引用源。。

在工厂中使用最多的是洛氏硬度法，用压头压入材料中的深度来表示硬度。压头有两种：一种是固定直径的淬火钢球或硬质合金球，另一种是金刚石圆锥体。试验时先加初始试验力  $F_0$ ，压痕深度为  $h_0$ ，测量深度的指针指向零，再加上主试验力，压痕深度为  $h_1$ ， $h_1-h_0$  就为洛氏硬度值。洛氏硬度有 9 种标尺，分别 A、B、C、D、E、F、G、H 和 K，根据标尺的不同，洛氏硬度符号分别在后面加上标尺，例如 HRC 错误!未找到引用源。。

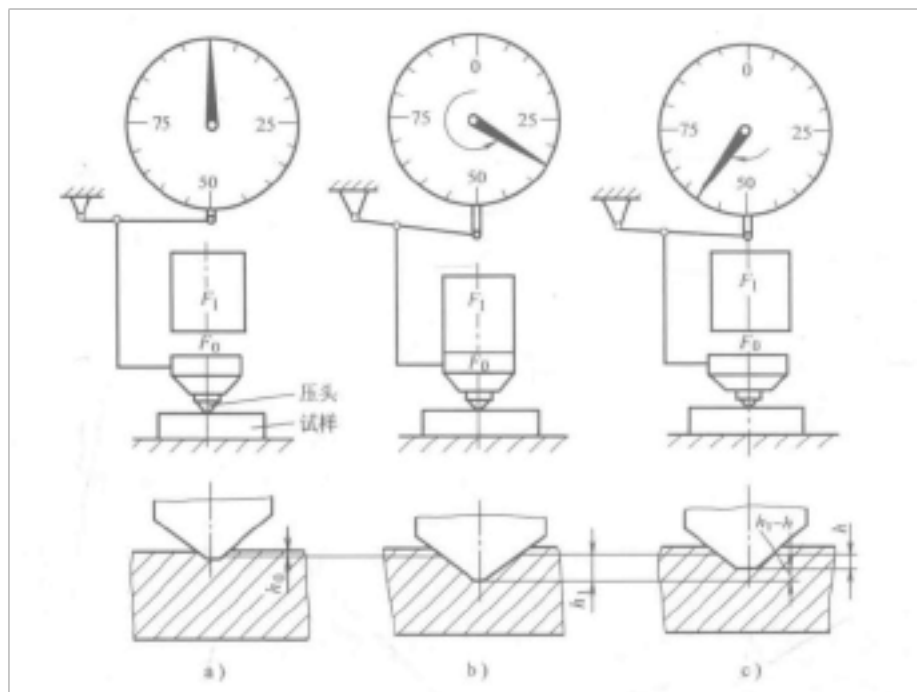


图 2.1 洛氏硬度试验过程 错误!未找到引用源。

洛氏硬度试样法可以用来测高硬度材料，操作简便，可以直接在成品上操作，广泛用于硬度测量，同时采用不同标尺可以测量不同软硬程度的材料。但是，由于压入的压痕较小，测出的值不是很准确，需要测出多组数据然后取平均值，且不可以测量太薄的试样或经过化学热处理后的零件 错误!未找到引用源。。



### 3. 钢的热处理

钢是碳含量在 0.0218%~2.11% 之间的铁碳合金的总称。近年来,为满足冶金、机械制造、航天等邻域发展,材料热处理理论和工艺在向着优质高效方向发展。

热处理是热加工的一种,即经过加热、保温、冷却等方式在不改变化学成分的情况下(化学热处理可改变,如软/硬氮化)通过改变其组织形态来改善物理性能的加工措施<sup>[错误!未找到引用源。]</sup>。热处理的目的是去除毛坯中的缺陷,改善工艺性能,为后续工艺做准备。而且热处理可以显著提高钢材的力学性能,从而充分发挥钢材的潜力,提高工件的性能和寿命。因此,热处理在机械制造中起着非常重要的作用。由于加热和冷却方法的不同,常用的热处理方法大致分为以下几种:

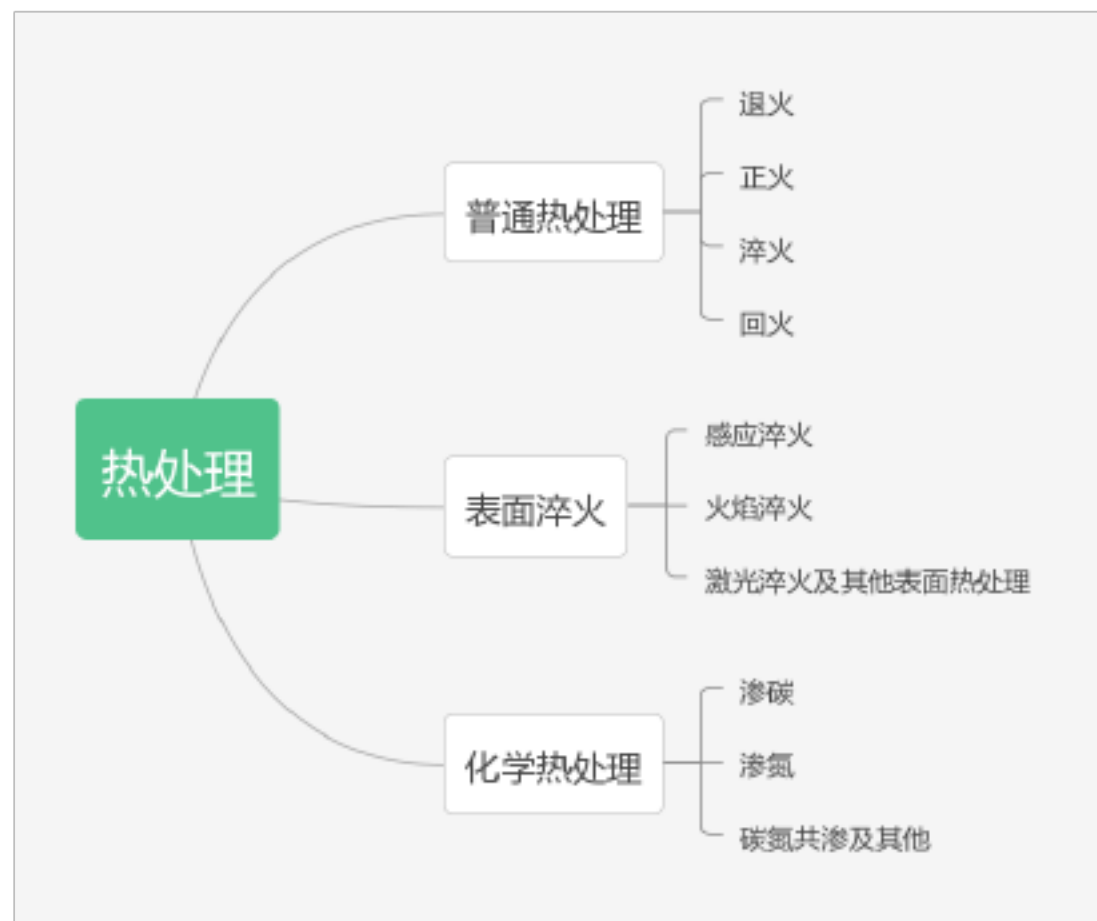


图 3.1 热处理分类

任何热处理都包括三个阶段:加热、保温、冷却。要了解热处理对钢组织性能的改变情况,就要研究钢在这三个阶段的相变规律。

热处理中最常使用的就是“四把火”,即退火、正火、淬火和回火,它们是对金属的整体热处理,使金属获得较好的性能。

退火与正火地目的主要概括为以下几点:

1. 调整钢的硬度,利于后续切削。
2. 去除残余应力,以稳定工件大小,防止工件的变形开裂。
3. 均匀化学成分,细化晶粒,改善组织性能。
4. 为最终热处理做好组织准备。

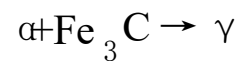
回火通常用于降低或消除淬火钢零件中的内应力,或降低其硬度和强度以提高其延展性或韧性。工件淬火后应及时回火,只有通过淬火和回火相结合才能获得所需的机械性能<sup>[错误!未找到引用源。]</sup>。

未找到引用源。

### 3.1. 钢在加热时的转变

#### 3.1.1. 钢的奥氏体化

在钢的热处理中，必须先进行加热。当加热到  $A_1$  以上时，珠光体将转变为奥氏体，这个过程称为“奥氏体化”。过程可用公式 (3-1) 表示：



公式 (3-1)

式中：

$\alpha$ ——铁素体

$\text{Fe}_3\text{C}$ ——渗碳体

$\gamma$ ——奥氏体

铁素体是体心立方结构，渗碳体的成分和晶体结构与铁素体不同，两者最终都转变为单相固溶体，具有面心立方结构。这个过程必然伴随着晶格重构和铁原子、碳原子的扩散，转变过程遵循形核和生长的基本规律。因此，奥氏体化可以分为四个阶段 错误!未找到引用源。：

(1) 奥氏体形核及长大。

加热至  $A_1$  以上后，珠光体经过一段时间的孕育，由于相界面处原子排列紊乱，能满足形核的结构起伏，且释放出的界面能，使得形核功降低，利于奥氏体形核。奥氏体的碳含量介于铁素体和渗碳体之间，可以满足成分起伏。因此，奥氏体在它们之间的相界面处形核。

奥氏体的晶核同时与渗碳体和铁素体接触，因此奥氏体晶核长大是新相同时向两个方向推移的过程，因为渗碳体的质量分数与奥氏体的差远超过铁素体质量分数与奥氏体的差，渗碳体向奥氏体的转变速度比铁素体慢，这使得铁素体转变后仍存在未溶解的渗碳体 错误!未找到引用源。。

(2) 残余渗碳体溶解。

由于渗碳体的晶体结构和碳含量与奥氏体大不相同，渗碳体向奥氏体的溶解必然滞后于铁素体向奥氏体的转变，即铁素体消失后仍有部分渗碳体未溶解。随保温时间增加，这部分未溶解的残余渗碳体将继续溶解，直至全部消失。

(4) 奥氏体均匀化。

残余渗碳体溶解之后，碳分布的不均匀，经过长时间的保温，才能得到均匀细小的奥氏体晶粒。

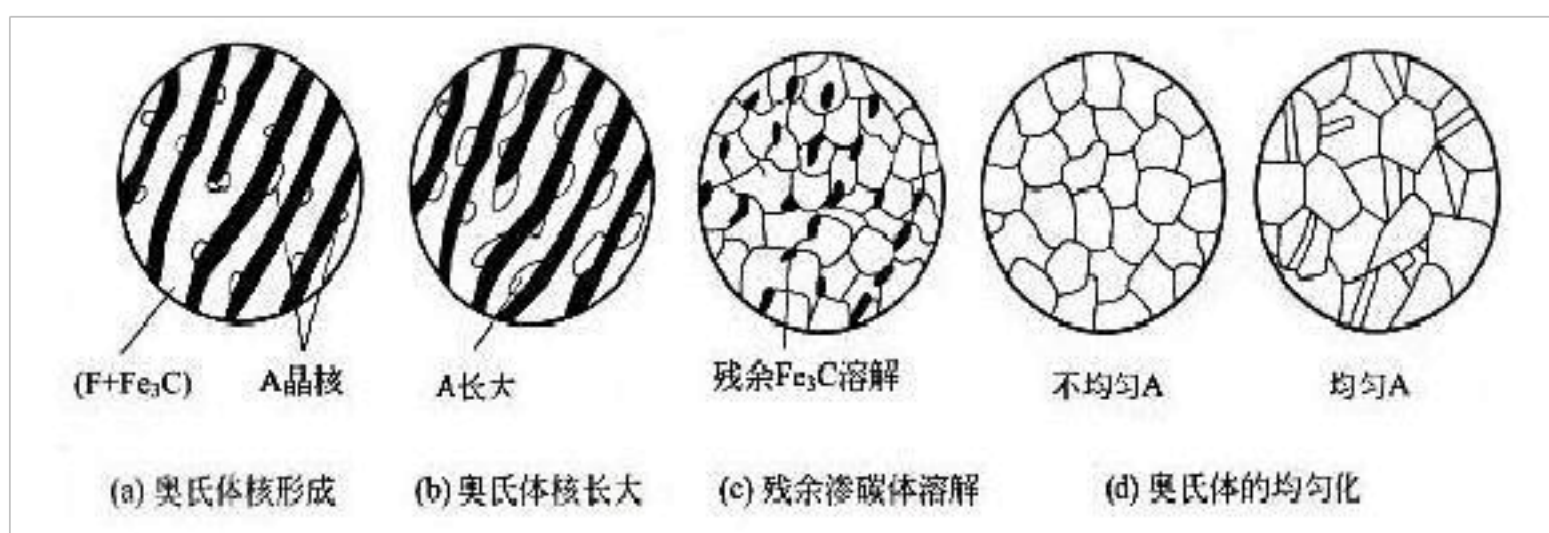


图 3.2 奥氏体化过程图 错误!未找到引用源。

### 3.1.2. 奥氏体晶粒的长大及控制

冷却转变产物性能直接取决于奥氏体晶粒的大小。生产上，一般用奥氏体晶粒度来表示奥氏体晶粒大小。它的标准等级分为 1-8 级，由数字大到小，晶粒尺寸越来越大。奥氏体起始晶粒度是指奥氏体化刚好完成时的奥氏体晶粒大小，一般来说，奥氏体的起始晶粒尺寸都很比较，随加热温度的升高，奥氏体晶粒继续长大，长大到钢开始冷却时的奥氏体晶粒的大小称为奥氏体实际晶粒，它将直接影响钢最终的组织 and 性能。

影响奥氏体晶粒尺寸的主要因素如下：

A. 加热温度和保温时间。钢的淬火温度越高，晶粒长大速度越快，最终获得的奥氏体晶粒越粗。其他条件不变时，保温时间的延长，原子扩散更充分，使得晶粒一直长大到几乎不再长大为止，保温时间的延长比温度升高的影响小得多。。

B. 加热速度。速度越快，奥氏体形核越多，奥氏体晶粒越小，但同时保温时间过长，会导致晶粒粗大。因此，在实际生产中，经常采用快速加热和短时保温来细化晶粒。

C. 化学成分。其他条件一致时，钢中碳含量越少，奥氏体越细。合金元素也会影响奥氏体晶粒大小，阻碍长大的有 Al、V、Ti 等元素，促进长大的合金有 Co(钴)、Mn、P 等

错误!未找到引用源。。

### 3.2. 钢在冷却时的转变

钢在冷却时的转变很大程度上决定了热处理后钢的性能，即便同一种钢奥氏体化条件相同，冷却条件不同，最终的组织 and 性能也是不同的。因此，充分了解钢的冷却十分必要。生产中有各种冷却方法，包括等温冷却和连续冷却。

等温冷却是奥氏体从加热状态快速冷却到低于  $A_{r1}$  的某一温度，保温一段时间后再冷却到室温。连续冷却即把奥氏体化的钢采用不同的冷却介质连续冷却到室温的过程。

奥氏体在  $A_1$  以下温度是不稳定的，经过一段时间的孕育之后，会慢慢发生转变，在孕育期暂时还没有发生变化的奥氏体称为“过冷奥氏体”，图 3.3 是共析钢的等温转变图，因其形状像 C 字母，所以被称为“C 曲线”。

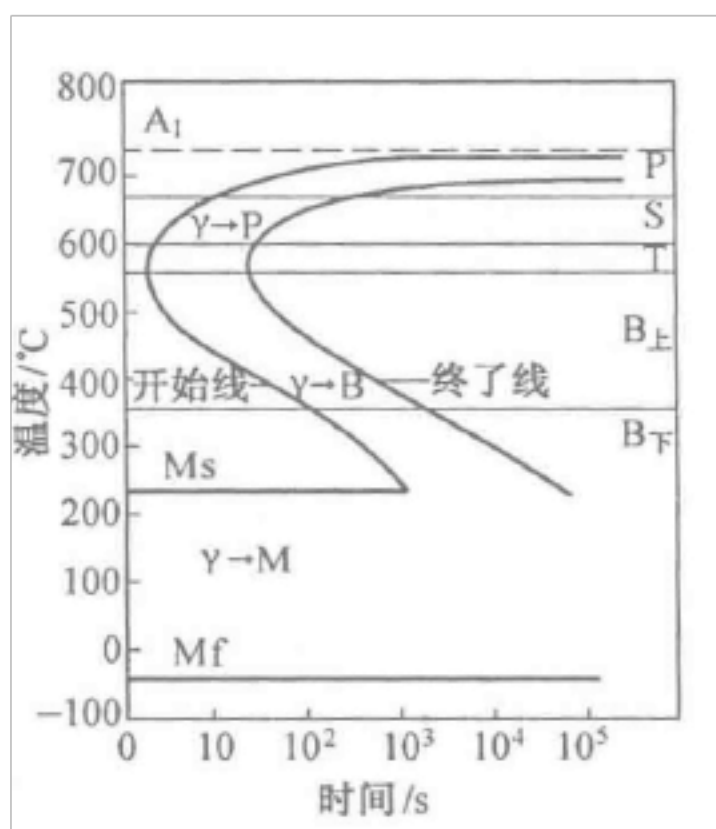


图 3.3 共析钢等温冷却图 错误!未找到引用源。

在图中明显可以看到两条 C 形的曲线，左边曲线是过冷奥氏体转变起始线，曲线左边



部分是过冷奥氏体区，右边曲线是转变终了线，其右边是转变产物区。两条曲线中间是两者的共存区，图下面的两条直线分别为马氏体转变开始线  $M_s$  和马氏体转变终了线  $M_f$ ， $M_s$  以下是马氏体和残余奥氏体的共存区。孕育期以左边的曲线与纵轴之间的水平距离来表示，孕育期最短的位置叫做鼻尖。从图中可以看出， $A_1$  以下，鼻尖温度以上的转变产物为珠光体， $A_1$ -650℃形成的粗珠光体用 P 表示，650℃-600℃形成的细片状珠光体称为索氏体，用 S 表示，600℃-550℃，形成的珠光体，叫托氏体，用 T 表示。鼻尖以下到  $M_s$  之间生成贝氏体。过共析钢的等温转变曲线与共析钢相比，最大的不同是多出了一条先析相的线，如下图 3.4 所示。

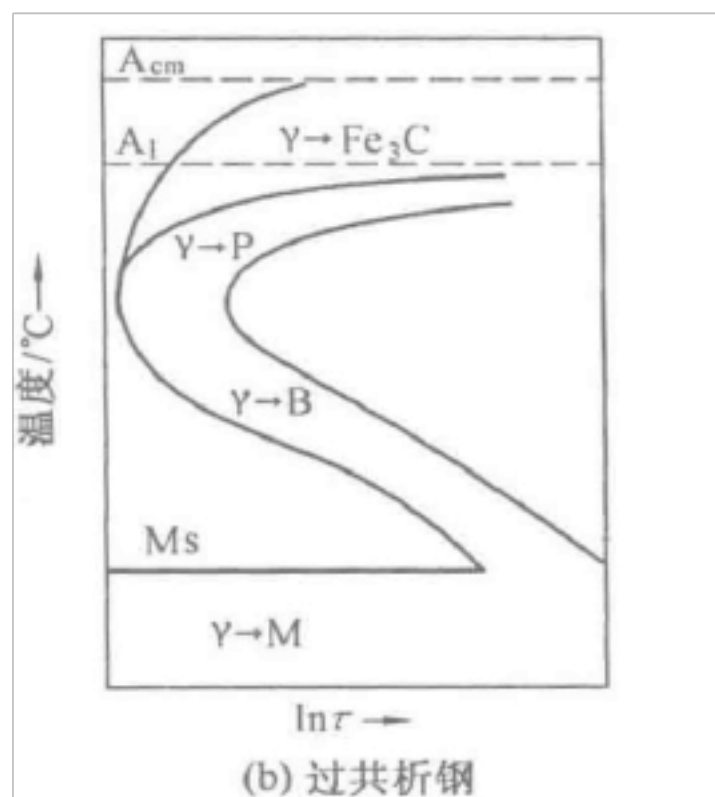


图 3.4 过共析钢等温冷却图 错误!未找到引用源。

在热处理中，比如一般的水冷，空冷都属于连续冷却。连续冷却图只有图 3.3 的上半部分，产物只存在珠光体、马氏体，没有贝氏体的转变。如 错误!未找到引用源。 所示， $P_s$  是 P 转变开始线， $P_f$  为 P 转变结束线。AB 线为 P 转变中止线，在这以下，过冷奥氏体一直到  $M_s$  以下全部转变为马氏体。由于一些钢种的连续冷却曲线未被测出，因此，在生产工艺中，连续冷却中的转变通常用等温曲线来近似分析，但目前只是大概的分析，不准确。

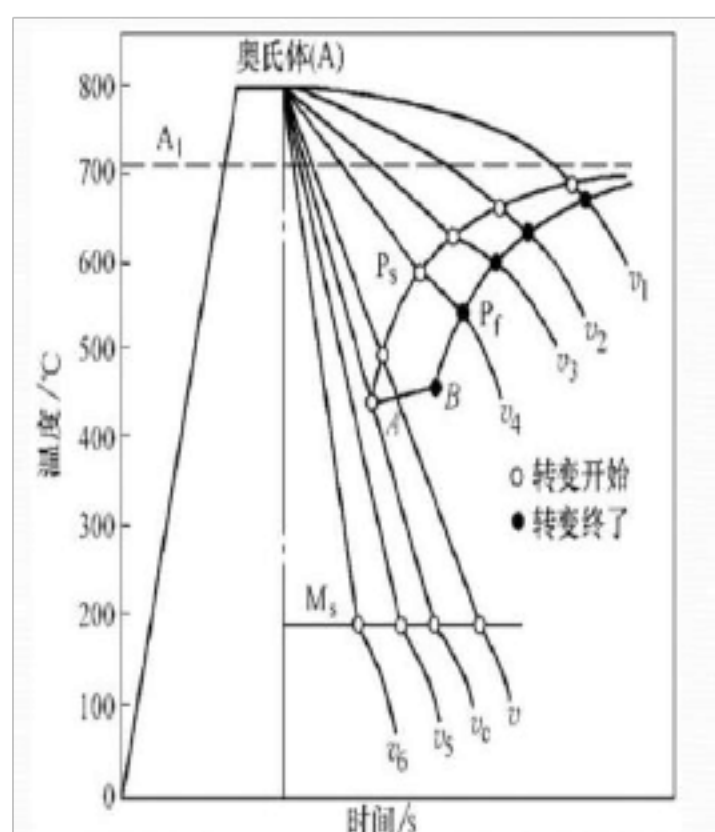


图 3.5 连续冷却图 错误!未找到引用源。

## 4.

### 4.1. 定义与目的

$A_{c3}$ （亚共析钢）或者  $A_{c1}$ （过共析钢）以上温度进行保温使之奥氏体化后以大于临界速度  $V_k$  的冷却速度快冷到马氏体转变开始线  $M_s$  以下，以获得马氏体  $M$  或下贝氏体  $B_{\text{下}}$  组织的热处理操作。

淬火是为了大幅度提高钢的强度、硬度、耐磨性、疲劳强度和韧性，以达到各种机械零件和工具的不同要求。还可以通过淬火工艺满足一些特殊钢材的铁磁性、耐腐蚀性等特殊性能。

淬火后的马氏体和残余奥氏体都处于不稳定的状态，发生变化会引起零件形状尺寸的改变，此外，淬火零件中还存在较大的热应力和组织应力。同时，由于各类工具工作条件的不同，所要求的性能也有所差异，淬火马氏体可在不相同的回火温度下获得回火索氏体、回火屈氏体等组织，使钢获得不同力学性能。因此，为稳定零件尺寸，消除内应力等，一般淬火后都需要进行回火。

### 4.2. 淬火加热温度的选择

选择合适的加热温度是获得高质量淬火零件的重要环节，具体的加热温度主要决定于钢的碳含量，一般来说，原则是获得均匀细小的奥氏体晶粒，不同成分的钢，淬火时需要的加热温度也不相同，可以根据铁碳相图选择合适的加热温度。理论上，亚共析钢通常被加热到  $A_{c3}$  温度以上，以完全奥氏体化。若加热温度在  $A_{c1}$  至  $A_{c3}$  之间的某一温度，先析铁素体  $F$  的存在会造成淬火硬度不足或不均匀，同时由于组织上的不均匀，回火后的力学性能受到影响。加热温度过高会导致钢氧化脱碳，使奥氏体晶粒变粗大，因此加热温度选择为  $A_{c3}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

过共析钢通常被加热到  $A_{c1}$  以上的某一温度，但不能使其完全奥氏体化。过共析钢淬火前经过了球化退火，加热至  $A_{c1}$  以上温度时，组织组成是奥氏体  $A$  和部分还没有溶解的粒状渗碳体，淬火后，渗碳体使得钢的硬度和耐磨性有所提高。若加热至  $A_{cm}$  以上淬火，渗碳体将完全溶到奥氏体中，从图 4.1 可以看出，碳含量增多，使得  $M_s$  温度下降，此时必然有一部分奥氏体被残留下来，这部分奥氏体会降低淬火钢的硬度和耐磨性。另外，由于  $A$  晶粒变得粗大，最后获得马氏体也粗大，淬火钢细微裂纹变多，使得钢的脆性大大增加。根据以上分析，选择过共析钢的淬火温度为  $A_{c1}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

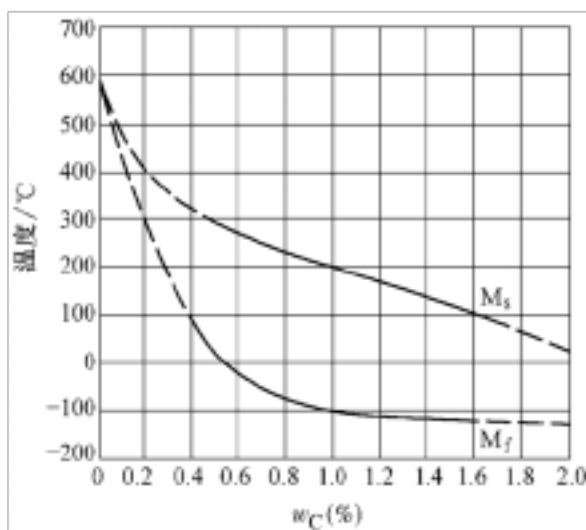
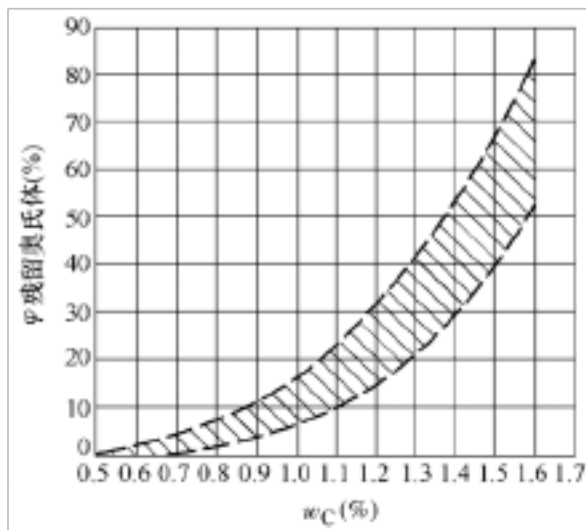


图 4.1 奥氏体含碳量对马氏体转变线的影响



含碳量对残留奥氏体的影响 错误!未找到引用源。

含有碳化物的合金钢可适当提高淬火加热温度，加速奥氏体化过程。低合金钢温度控制在  $A_{c_3}+50\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，成分中含有 Mo、W 的高合金钢，为了将合金碳化物溶解在 A 中，应提供更高的加热温度。

#### 淬火加热时间的计算

一般工件的淬火加热时间应该包括整个截面加热到设定的淬火温度和完成奥氏体化所需要的时间。这样，淬火加热升温 and 保温时间的和称为加热时间。在具体生产的条件下，常根据工件有效厚度（工件加热时在最开传热方向上的截面厚度）用下列公式 (4.1) 计算确定：

公式 (4.1)

式中：

t—加热时间；

a—加热系数；

D—工件有效厚度。

#### 4.4. 淬火冷却介质的选择

经过加热、保温后的工件进行冷却是关键的一步。不同的冷却介质具有不同的冷却能力，在 C 曲线鼻尖附近，冷却速度应足以使工件快速冷却，防止奥氏体分解为珠光体和上贝氏体，在此温度范围以下，应缓慢冷却，减少淬火应力。淬火介质中应用较为广泛的有水、油及盐或碱的水溶液。

水是目前碳钢中常用的淬火介质，冷却能力较强。它具有价格低廉、易得、成分稳定、不变质、使用安全、无需清洗淬火工件等优点。然而在 C 曲线的“鼻子”处 ( $650\sim 500^{\circ}\text{C}$ )，水冷却速度不够快，而在马氏体转变温度处 ( $300\sim 200^{\circ}\text{C}$ )，水冷却速度太快，容易使得 M 转变速度过快产生内应力致工件变形甚至或开裂。所以，水适用于截面小，形状简单的碳素钢工件的淬火冷却。T8 属于碳素工具钢，实验选择水作为冷却介质进行快冷。

油。目前生产中使用机油、锭子油、柴油等各种矿物油作为介质，在  $300\sim 200^{\circ}\text{C}$  范围内，冷却速度远远低于水的速度，这有利于减少工件的开裂变形，但在 C 曲线鼻子处，冷却速度又小于水。因此，油适合于过冷奥氏体稳定性大的合金钢淬火。

盐水和碱水。水中加入适量的盐和碱，刚取出的工件与溶液接触时，盐和碱的晶体在蒸气膜阶段析出并迅速爆炸，冷却能力迅速提高。但其缺点时介质的腐蚀性强，淬火后的工件须清洗干净。通常盐水浓度为 10%，烧碱溶液浓度为  $10\sim 15\%$ 。盐和碱溶液介质可用于碳钢和低合金结构钢工件。

## 淬火介质及冷却特性

淬火介质	最大冷却速度时		平均冷却速度/( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ )	
	所在温度/ $^{\circ}\text{C}$	冷却速度/( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ )	650~500 $^{\circ}\text{C}$ 时	300~200 $^{\circ}\text{C}$ 时
静止自来水, 20 $^{\circ}\text{C}$	340	775	135	450
静止自来水, 60 $^{\circ}\text{C}$	220	275	80	185
$w_{\text{NaCl}}=10\%$ 水溶液, 20 $^{\circ}\text{C}$	580	2000	1900	1000
$w_{\text{NaCl}}=15\%$ 水溶液, 20 $^{\circ}\text{C}$	560	2830	2750	775
机油, 20 $^{\circ}\text{C}$	430	230	60	65
机油, 80 $^{\circ}\text{C}$	430	230	70	55

### 4.5. 淬火方法

将工件淬硬，又能降低内应力。淬火方法有以下几种：

#### 1. 单液淬火法。

简单来说，就是加热后奥氏体化工件被淬火到单一介质中，使得其完全冷却。这是最简便的淬火方法，操作简单，易于实现机械自动化，但由于水、油的冷却效果较差，这种淬火方法常用于形状不复杂的碳钢和合金钢工件。

#### 2. 双液淬火法。

把加热到淬火温度的奥氏体化工件在冷却能力强的介质中冷却到接近马氏体转变起始线  $M_s$ ，然后立即转移到冷却能力弱的淬火介质中冷却到室温，从而达到不同的淬火冷却温度区间，使之发生马氏体转变。双液淬火法适用于形状复杂的工件、合金钢或者高碳钢制成的较大的工件，此外，此种方法也常用于碳素工具钢。生产中常用的冷却介质有水—油，水—硝盐以及水—空气，通常以水为快冷介质，油、空气为慢冷介质。双液淬火法的优点是将两种冷却介质的优点结合起来，不仅获得了马氏体，还有效防止了工件的变形开裂。

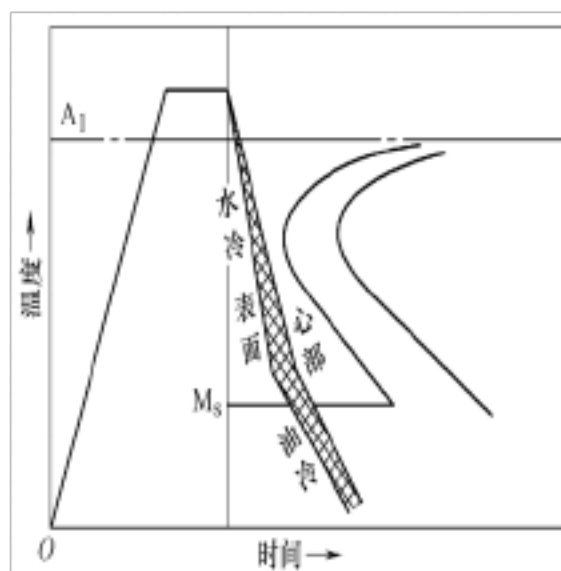


图 4.3 双液淬火法示意图

#### 3. 分级淬火法

将奥氏体化的工件放入接近  $M_s$  温度的碱浴或盐浴中，停留适当时间后，取出进行空冷，过冷奥氏体慢慢转变成马氏体。这种方法常用于形状比较复杂和变形要求比较严格的小尺寸工件。分级淬火的目的是让加热工件内外的温度均匀化，以保证整体工件可以同时进行马氏体转变，大大减小淬火应力减小开裂。目前更多的分级温度低于  $M_s$  温度，但低不了太多，这是为了提高盐浴中工件的冷却速度，以获得更深的淬硬层。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/448104100143006111>