

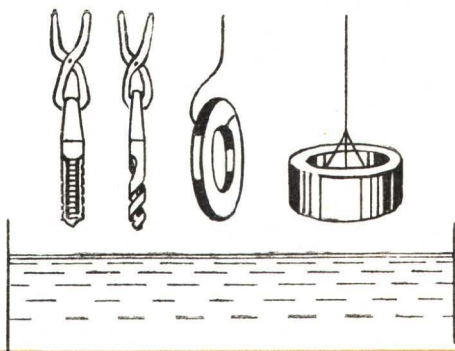
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

盐浴等温退火法

陈福福 编著

热处理



机械工业出版社

内容提要 盐浴等温退火法，能提高退火的工作效率和改善退火件的质量。是一项行之有效的热处理经验。

本书用通俗的语言，介绍了盐浴等温退火法的原理；所用的设备、仪表和具体的工艺规程；并举以实例。书后附录列出了常用钢材的加热和冷却时的临界点和奥氏体等温分解图。

本书可供热处理工人阅读。

盐 浴 等 温 退 火 法

陈 福 福 编 著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $1 \frac{1}{4}$ · 字数 26 千字

1960 年 3 月北京第一版·1974 年 3 月北京第二次印刷

印数 7,031—79,030 · 定价 0.11 元

*

统一书号：15033 · 3193

毛主席语录

红与专、政治与业务的关系，是两个对立物的统一。一定要批判不问政治的倾向。一方面要反对空头政治家，另一方面要反对迷失方向的实际家。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 次

一	什么是盐浴等温退火法.....	1
二	等温退火的原理.....	2
三	盐浴等温退火所用的盐浴炉和仪表.....	6
四	盐浴等温退火的工艺规程.....	11
五	盐浴等温退火的实例.....	17
六	需要注意的几个问题.....	21
附录一	常用钢材在加热和冷却时的临界点.....	23
附录二	常用钢材奥氏体等温分解图.....	24

一 什么是盐浴等温退火法

盐浴等温退火法是一项行之有效的热处理经验。在生产实践中证明效果很好，既提高了退火工作的效率，又改善了退火件的质量。

它的操作过程是：把退火件首先进行预热，然后放在熔融的盐浴剂内加热到退火的温度，在这个温度下停留一定的时间后，较快地冷却到比 A_1 （奥氏体转变为珠光体的临界点）稍低的温度，在此温度保温，使钢中的奥氏体在一个不变的温度下，转变成珠光体（如图1曲线1）。

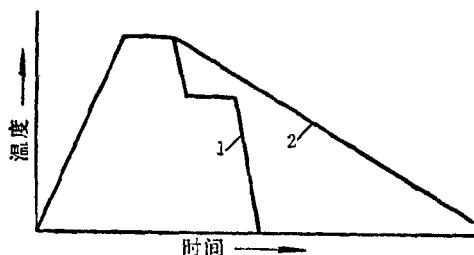


图1 退火过程图

1—等温退火；2—普通的缓慢冷却退火

盐浴等温退火法同普通的缓慢冷却退火法的区别，在于冷却条件的不同。从图1中可看出，和等温退火法比较，普通缓慢冷却退火法，是在炉内以一定的速度进行连续缓慢冷却，一直到室温。

与其他退火法比较，盐浴等温退火法有以下几个主要优点：

1. 能够保证得到均匀的预期的组织和性能获得高的质量;
2. 操作时间短,大大地节省了加热及冷却的时间和所消耗的燃料,提高了设备的利用率,降低了产品的成本;
3. 在处理合金钢时,等温退火具有特别的意义,即可保证使合金钢工件退火后能得到比较低的硬度,而采用普通退火时,不能得到足够低的硬度;
4. 工件表面的氧化、脱碳现象大大地减少了,即使是成品工件也可用此法退火;
5. 工件可垂直悬挂于加热炉内,因此工件的变形小;
6. 可局部退火,使工件局部浸于盐浴剂内加热。

盐浴等温退火时,加热介质是中性盐浴剂。盐浴炉在使用上具有几种优越的性能,为其他类型的炉子所不及。但是,不可否认,采用盐浴炉也有一定的缺点,即工件的数量、尺寸受到盐浴炉炉膛容量大小的限制。

二 等温退火的原理

在加热的时候,钢的组织要发生变化,大家知道,任何碳钢——不论是结构钢还是工具钢——在组织中都存有珠光体,加热到 723°C 时,珠光体转变成奥氏体组织,在含碳量小于 0.8% 的钢中,温度虽超过 723°C ,还有铁素体晶粒未溶解。我们要加热到没有铁素体存在为止。使钢的组织中只包含均匀的奥氏体晶粒。铁素体晶粒全部溶解在奥氏体晶粒中的温度,叫做上临界温度,用 A_3 点来表示。

亚共析钢(含碳量小于 0.8% 的钢)加热到 A_3 点以上,只是奥氏体晶粒,如果这种钢缓慢地冷却下来,那末所有上面叙述的过程将以相反的顺序进行;即当温度降低到临界温度的时候,奥

氏体分解出铁素体晶粒，它逐渐地增多，而奥氏体晶粒则减少，直到723°C，奥氏体晶粒转变成了珠光体晶粒。

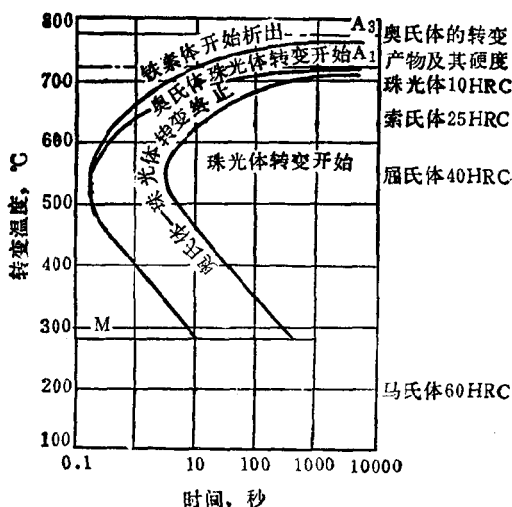


图2 亚共析钢的奥氏体等温转变图

但是，实际上奥氏体的转变不仅是在上面所指定的温度；如果加大冷却速度，转变将在较低之温度发生。

为了进一步阐明何种钢在何种过冷温度下发生等温转变的基本知识，必须明确奥氏体等温分解曲线之全貌。如图2所示，这些图形通常称为奥氏体等温转变图。在图中转变的开始和终了线，其形状很象字母“C”。因此，这种图形叫做“C图”或“C曲线”。

图内横座标表示时间，按照对数分度，标明1，10，100，1000及10000秒各点，纵座标表示转变温度（°C）。

在此图中画出：开始析出铁素体的曲线，奥氏体向珠光体转

变的开始和终了曲线。最上部的两根水平线 A_3 、 A_1 表示 临界温度，下部 M 的水平线，表示快速冷却时开始形成马氏体的温度。

奥氏体转变产物的性能与组织是取决于分解温度，如表 1 所示。

表 1 共析钢的组织与奥氏体分解温度的关系

分 解 温 度 (°C)	分解产物的硬度(HRC)	组 织 名 称
717	7	粗片状珠光体
704	15	片状珠光体
675	22	薄片状(索氏体)珠光体
648	28	索氏体
593	33	屈氏体
538	36	屈氏体

在高温时，即在极小过冷度下所得到的组织为极粗的铁素体与渗碳体混合物，这个混合物叫做珠光体。

在较低之温度下，即当过冷度较大时，组织的弥散度渐趋增加，而产物的硬度也随之增加，这种较细的珠光体组织叫做索氏体。

、如果温度更低（相当于 C 曲线之拐弯处），产物之弥散度更进一步增加，在显微镜下如想判断铁素体-渗碳体混合物的各个组成相几乎已不可能，这种组织叫做托氏体。

由此可见，珠光体-索氏体-托氏体是具有同一组成（铁素体 + 渗碳体）的组织，只是在铁素体及渗碳体的弥散度上不同而已。

大家知道，等温分解图是以温度-时间为座标，而冷却曲线也是如此；因此，我们可在奥氏体等温分解图上画出冷却曲线如图 3 所示。

在缓慢的连续冷却下奥氏体的转变，如甲线所示，这条线表

示普通退火时的情况。当冷却到甲线还未与左面曲线相交，组织仍保留奥氏体，继续冷却时，甲线与左面的曲线相交，奥氏体就开始转变为铁素体-渗碳体的混合物即珠光体，甲线遇到右面曲线时，表示奥氏体变为珠光体的转变终止，组织转变已告完成，不管以后的冷却速度快慢，对钢件组织不受丝毫影响。冷却速度稍大如乙线所示时（乙线与等温转变线开始线和终止线在较低的温度下相交），则得到的组织比甲线细致（即弥散度增加），因而硬度也较高。

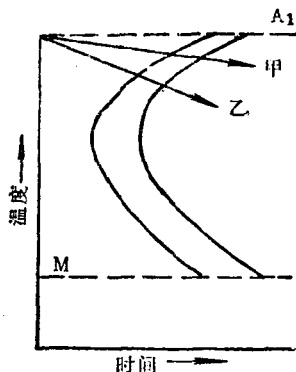


图3 在奥氏体等温分解图上所画的冷却曲线

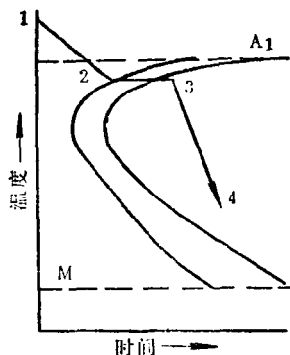


图4 等温退火时的冷却曲线

从时间座标上可看出，如果要获得最低的硬度，钢件冷却速度一定要很慢，保温时间很长，稍为增快冷却速度，就不能获得我们预期的要求。等温退火如图4所示，按图中的冷却曲线，奥氏体在较短时间内冷下来（冷却曲线1~2段），冷却到点2时，奥氏体开始分解为铁素体-渗碳体的机械混合物，在点2温度下保温（冷却曲线2~3段水平线），经过一定时间，抵达冷却曲线点

3，钢件组织即转变终止，并固定下来，此后可用任何速度冷却，直至等温退火完成。

从图3和图4，可以看出，等温退火的时间与普通退火相比较，要短得多了。

等温退火所获得的组织，是在恒定的温度下完成，这就使钢件能得到均匀的组织。因为奥氏体的转变是在恒定的温度下进行的，所以形成的珠光体组织是均匀的。如果不在恒温下转变，即在连续冷却的情况下，钢件全截面上不能得到均匀的组织，因为先转变部分的转变温度比后转变部分的高，所得到的组织就粗些，因而在同一钢件截面上的组织的弥散度是不同的。它的性能也不同。适当地控制等温转变恒定的温度，可以获得我们预先期望的组织，即可达到理想的性能。

三 盐浴等温退火所用的盐浴炉和仪表

甲 盐浴炉

盐浴炉是热处理加热炉中优良的炉种，在使用上具有几种优越的性能，为其他类型的炉子所不及，已广泛应用于淬火、正火、回火及氰化处理等，同样也可应用于盐浴等温退火。

盐浴炉的简图如图5所示，它的主要特点就是加热的工件是放在坩埚里的熔盐中加热，换言之，工件在具有一定温度的液体介质中借热传导来加热的。依据钢件等温退火的加热温度，选择中温盐浴剂为最宜。

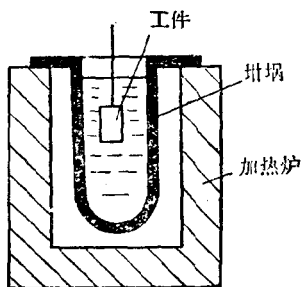


图5 盐浴炉简图

盐浴炉可以用固体燃料，

油、燃气加热,也可以用电来加热。

盐浴炉的加热方式可以分为外热式与内热式两种。外热式盐浴炉热源在包子以外,热量经包壁传导给加热介质,将它熔融成液体状态。用油加热的盐浴炉是属于外热式的,其构造如图6所示。炉子由耐火砖1和放在里面的铸铁坩埚2组成。

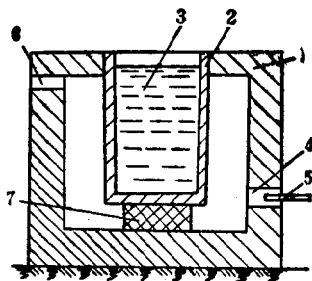


图6 油加热盐浴炉简图

坩埚中有熔化了盐3。在小孔4中有喷油嘴5。热气围绕着坩埚的四周并经过小孔6排到烟道中,7为耐火砖底座。此外还有外热式的电热盐浴炉,它的构造如图7所示。在这种炉子的坩埚与耐火砖之间的空间中,安有镍铬合金或铁铬铝合金的发热体。以上所讲的外热式盐浴炉,加热范围一般在 900°C 以下,热源对于加热介质的传热效率极低,两者温度差很大。

除去上面所说的由外面加热的盐浴炉以外,还有由内部加热的电热盐浴炉。就是热源在盐包子之内。它的构造如图8所示。

这种炉子作用的原理是这样的:电极浸在盐液中,熔化了盐是电流的良导体,电流由外线经降压变压器通到浸在熔盐2中的两个电极1上。在浴槽内电流通过熔盐,使它变热。电源用交流电,因为直流电将使熔盐分解。炉子的工作空间由耐火砖砌成。这种

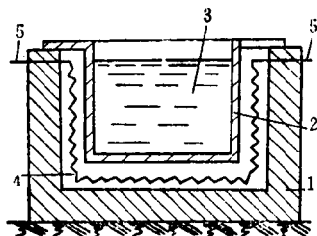


图7 电热盐浴炉简图

1—耐火砖; 2—坩埚; 3—盐溶剂;
4—发热器; 5—导线

形式的浴炉,热源不经过坩埚壁的传导,因而没有这种热量损失,是它的优点。

最近,新型盐浴炉的特点,是用埋入式的电极,装置在炉壁中间,这种方法使电极只有一个面露在盐中,这一个面与炉坩埚同一温度。这样的排列将延长电极寿命和使整个盐槽都能用于工作。电极装在盐浴的底部附近,使盐起充分的对流循环作用,确保温度的均匀。

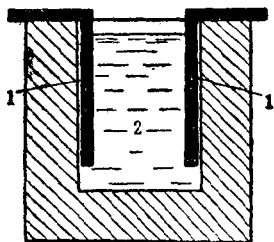


图8 电热盐浴炉简图

总结以上的情况,与其他类型的加热炉比较,盐浴炉有下列优点:

1. 工件在盐浴中加热较快;
2. 盐浴炉各部分温度比较均匀,工件可垂直加热,使变形减少;
3. 氧化、脱碳现象较少,基本上可以避免;
4. 可以进行工件的局部加热。

除了上述一些优点外,盐浴炉也存在下列缺点:

1. 使用盐浴炉时,工作中需要特别谨慎,因其中含有潮气时,熔盐会飞溅;

2. 坩埚的持久性小;

3. 每炉的工件装载量不能过多,受到坩埚容量大小的限制。

如果能正确组织使用盐浴炉,上述前两个缺点是容易消除的。

在盐浴炉中使用的盐液,必须具备下列条件:

1. 不纯物少,以减少对工件的侵蚀,如脱碳、渗硫等;
2. 在工作温度下有较大的流动性,使温度均匀;

表 2 混合盐类的成分和特性

盐 类 名 称	熔 点 (°C)	使用温度 (°C)
44% NaCl(氯化钠) + 56% KCl(氯化钾)	660	720~900
22.5% NaCl(氯化钠) + 77.5% BaCl ₂ (氯化钡)	635	665~870
55% NaCl(氯化钠) + 45% BaCl ₂ (氯化钡)	540	570~900
27.5% NaCl(氯化钠) + 72.5% CaCl ₂ (氯化钙)	500	550~800
50% BaCl ₂ (氯化钡) + 50% CaCl ₂ (氯化钙)	595	630~850
35% NaCl(氯化钠) + 65% Na ₂ CO ₃ (碳酸钠)	620	650~900
50% NaCl(氯化钠) + 50% Na ₂ CO ₃ (碳酸钠)	560	590~900
50% KCl(氯化钾) + 50% Na ₂ CO ₃ (碳酸钠)	577	650~870
50% KCl(氯化钾) + 50% BaCl ₂ (氯化钡)	640	670~870
10% NaCl(氯化钠) + 45% KCl(氯化钾) + 45% Na ₂ CO ₃ (碳酸钠)	595	630~850
37% NaCl(氯化钠) + 41% KCl(氯化钾) + 22% BaCl ₂ (氯化钡)	552	590~880

3. 不发生毒性气体;
4. 容易溶解以利清洗;
5. 不与钢件、空气及盐槽起化学作用;
6. 吸湿性低, 否则工件容易生锈;
7. 成本要低廉。

盐浴剂的成分, 根据江南造船厂推行盐浴等温退火法的经验, 以78% BaCl₂ (氯化钡) 加 22% NaCl (氯化钠) 较为适宜。也可使用表 2 所列的盐浴组成。

表 2 所介绍的是属于中温盐浴剂, 氯化物新盐对钢件不起作用, 但使用相当时间后不加校正剂, 会产生使钢件脱碳的杂质。校正剂可用碳化硅、石墨、硅铁、硼砂、氯化铵或其他常用的脱氧剂。但硼砂对耐火材料有侵蚀作用而且只对氧化物有效。

单纯的使用一种盐类, 用于盐浴等温退火似觉熔点过高, 必

须将两种不同的盐混合使用，才可获得适合于盐浴等温退火的温度要求。

乙 仪表

我们知道，在盐浴等温退火过程中必须把钢件加热到高温。而根据不同种类的钢的牌号，加热的温度也可能不相同。如果已确定了某种钢号，加热的退火温度一定要严格遵守，如果认为凭老式的观察火色方法来辨别温度已经不适用。不遵照指定的温度，钢件的性能就会达不到我们预期的要求。因此，精确地测定在盐浴等温退火过程中的温度，是具有特别重大的意义。没有仪表测量温度，可以说就不能正确地进行盐浴等温退火。

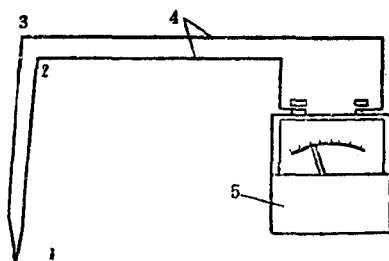


图 9 热电偶

1—热电偶的接焊点；2、3—冷焊点；4—导线；5—千分电压表

在盐浴等温退火的时候，可用热电偶来测量温度，热电偶的构造如图 9 所示。它由两种不同的金属或合金线组成，线端 1 彼此焊接起来，线的另外一端 2 和 3 用铜线 4 跟能测量很小电压的仪器——毫伏计联接起来。如果在热电偶两条线互相焊接的端点处 1 加热，那末在热电偶的另外一端 2 和 3 之间就出现电位差（电动势），这时候电位计的指针就向右边转动。温度愈高，指针转动

的角度就愈大。我们可以直接在毫伏计的刻度上读出度数。

为了更好地控制等温退火，可采用自动记录及控制的电子电位差计，是以测量电压补偿法的原理为基础，用以连续测量、记录及调节温度之用。与毫伏计作比较，如果所需要的炉温过高时就切断电源，炉温过低就接通。能保持在要求的温度值进行处理。电子电位差计，同样与相应的一种标准号的热电偶联用。

热电偶采用铂铑-铂或铬铝-镍铝合金制成。热电偶通常插在保护管中，在盐浴等温退火时，保护管最好不用瓷质的，因为容易碎裂，可用不锈钢、耐热钢或无缝钢管焊接而成。

在使用热电偶测量炉温的时候，应当遵循下面的规则：

1. 热电偶必须有足够部分侵入盐浴中，确保头部能升达炉温，以保证测量温度的准确性，一般伸入 200~300 毫米；

2. 热电偶的工作端尽可能装设得靠近被加热的工件，但是应该使其装入和带出工件的时候不损坏热电偶。

热电偶的指示温度与实际炉温是否一致，要用标准测温计经常检查。

四 盐浴等温退火的工艺规程

1 退火温度的选择 盐浴等温退火的加热温度基本上同普通退火一样，决定于临界点 A_1 及 A_3 的位置。

对含碳量小于 0.8% 的碳素钢来讲，往往取 A_3 以上 30~50℃ 为其退火的加热温度，而对含碳量大于或等于 0.8% 的钢，则取 A_1 以上 30~50℃ 为其退火时的加热温度。对合金钢来讲，它们的等温退火温度，也同样地决定于各类钢的临界点 A_1 和 A_3 的位置。常用钢材在加热和冷却时的临界温度见附录一。等温退火温度可按下表选择：

亚共析钢 退火温度 = $A_3 + 30 \sim 50^\circ\text{C}$;

过共析钢 退火温度 = $A_1 + 30 \sim 50^\circ\text{C}$ 。

如果退火温度过高，将引起晶粒长大，因而降低钢件韧性。反之，加热温度低于临界温度（加热不足），则钢的结构不发生什么变化，或转变不完全，即不可能得到均匀的奥氏体组织。这种加热温度过高或不足，对等温退火都是不利的。

钢件放入盐浴炉中加热时，盐液应已达到退火的加热温度。也许大家要问：采用这种方法加热，工件温度升高的速度加快了，会不会变形甚至开裂？在生产实践中证明这种顾虑是不必要的。但是，必须注意，工件在放入盐液内加热之前，首先要进行适当的预热，预热温度为 $200 \sim 300^\circ\text{C}$ 或再高一些。这样可除去工件表面附着的残留水分（潮气），以免带到盐液中引起飞溅的危险，同时使盐液温度下降较少，炉温在短时间内即恢复正常的温度，以及减少热应力的产生。

2 保温时间的确定 钢件加热到既定的温度，还需要在该温度下进行一定时间的保温。通过该温度的停留，可使工件表面与中心的温度趋于一致，使组织转变得以完成，钢件全截面上得到均匀的奥氏体组织。在达到退火温度以后，保温的时间与钢的组织有关，保温时间过长，得到的后果与前述的退火温度过高是一样的，即引起钢的晶粒长大。反之，保温时间太短，不能得到均匀的奥氏体组织。

为了确定保温时间，我们可按下式来计算：

$$T = a \times d$$

式中 T ——盐浴等温退火的保温时间（秒）；

a ——加热系数（秒/毫米）；

d ——工件的有效厚度或直径（毫米）。

保温时间的长短与材料有关，对合金钢来说，保温时间比碳钢要长些，这样可使合金元素充分溶解到奥氏体内。在盐浴炉中加热时的加热系数列于表3。这些加热系数的数值是指图10中1~2线段温度的数值，盐液的成分是78% BaCl₂（氯化钡）和22% NaCl（氯化钠）。

**表3 在盐浴炉中加热时的
加热系数 (α)**

材 料	加 热 系 数 (秒/毫米)
碳 钢	15~20
合 金 钢	20~30
高合金钢	30~60

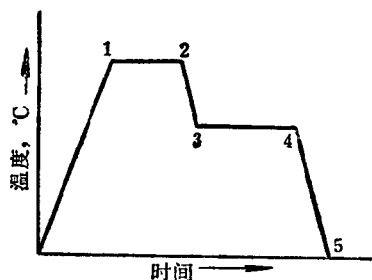


图10 等温退火示意图

3 冷却速度的控制 钢件经过保温后，即可进行冷却。与普通退火相比较，二者冷却条件截然不同：普通退火是在炉内以一定的速度进行连续冷却，而等温退火冷却到一定温度，停留一段时间，再度冷却。现在为了详细说明冷却过程起见，划分为三个阶段。

第一阶段冷却，如图10中2~3线段所示。工件经保温后，就可使钢件迅速地冷却到稍低于临界点 A_1 的温度。在这段冷却过程中奥氏体还未转化为其他组织。冷却的方法可在原来加热的炉内，工件跟随盐浴炉一起冷却到一定的温度，或者将一批工件转移到另一个盐浴炉内冷却，而另一个盐浴炉的温度就控制在等温过程的温度（低于 A_1 点温度），然后在此温度下进行保温，以使奥氏体全部分解为止。这样不仅可缩短冷却时间，同时原来加热的炉子还可以用来加热其他工件。一般在这段冷却过程中，愈快