

194

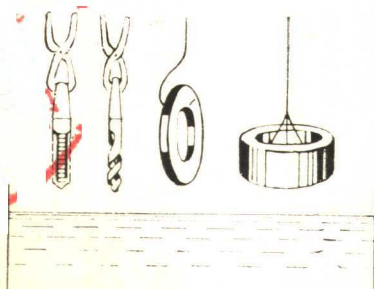
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

钢的淬火

杨 俭 编著

热处理



机械工业出版社

56.3
728.

156.3
28

内容提要 本书比较通俗地叙述了钢淬火的基本原理,着重结合实例介绍钢淬火的各种工艺方法和操作要点,分析钢淬火时可能产生各种疵病的原因、检查方法以及防止和挽救措施。书末还附有常用钢号淬火、回火加热温度和硬度等实用数据。

本书内容实际,可供热处理工人阅读。

钢 的 淬 火

杨 俭 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登记证出字第 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 $2\frac{5}{8}$ · 字数 62 千字

1984 年 6 月北京第一版·1984 年 6 月北京第一次印刷

印数 0,001—9,300 · 定价 0.26 元

*

科技新书目: 73-106

统一书号: 15033·5639



目 次

一 淬火加热时组织的变化.....	1
1 淬火的目的是(1)——2 奥氏体的形成(1)——3 奥氏体晶粒的长大(4)	
二 淬火加热的基本原则.....	5
1 确定好加热温度,保证组织的预期转变(5)——2 防止过热与过烧,保证晶粒细化(6)——3 防止氧化和脱碳,保护好零件表面(8)——4 在保证加热质量的前提下,加热速度要尽可能地快(13)	
三 淬火冷却时组织的变化.....	16
1 马氏体的形成(16)——2 下贝氏体的形成(18)——3 残留奥氏体(20)	
四 淬火冷却的原则.....	22
1 选择好冷却介质,保证组织达到预期的转变(22)——2 减少内应力,防止变形和淬裂(25)	
五 钢的淬硬性和淬透性.....	27
1 问题的提出(27)——2 淬透性与淬硬性(28)——3 淬透性的测定方法(29)——4 影响淬透性的因素(31)——5 钢在淬火时的实际淬硬层深度(32)	
六 淬火的方法.....	33
1 单液淬火(33)——2 双液淬火(34)——3 三液淬火(36)——4 局部淬火(37)——5 自回火淬火(38)——6 分级淬火(40)——7 等温淬火(42)——8 分级——等温淬火	
七 淬火操作要点和注意事项.....	44
1 淬火操作要点(44)——2 淬火前的准备工作(50)	

八 淬火后一定要及时回火.....	52
1 及时回火的目的(52)——2 及时回火的方法(54)	
九 淬火疵病及其防止和挽救措施.....	55
1 硬度低及软点(55)——2 变形(58)——3 裂纹(62)——4 腐蚀(67)	
十 淬火工艺的发展动向.....	68
1 低碳马氏体淬火(69)——2 利用残余相的淬火(70)——3 变更奥氏体晶粒的淬火(71)——4 改善冷却方式的淬火(71) ——5 充分发挥化学渗层潜力的淬火(74)——6 应用预应力的 淬火(75)——7 化害为利的淬火(75)——8 形变淬火(76)	
附表 常用钢号淬火回火加热温度及硬度(近似值)	77

一 淬火加热时组织的变化

1 淬火的目的 随着近代工农业和科学技术的飞速发展,对各种机械零件性能的要求越来越高。机械零件的材料种类繁多,其中用得最多的是钢铁。

钢铁,因为它具有各种优异的性能所以得到广泛的应用。这种性能,除由钢铁本身化学成分所决定外,主要还要靠热处理来改善和提高。人们通过不同的加热、保温、冷却三个步骤,在不改变材料外形和尺寸的条件下,改变钢内部的组织结构,从而达到提高性能的目的,这种操作方法就是热处理。

凡是重要零件,都需要进行热处理。而在热处理工艺中,最主要的是淬火,因为它是使零件强化的最重要方法之一。把钢加热到临界点以上某一温度,再在该温度停留一定时间,然后急速冷却下来的操作就是淬火。通过淬火可以提高工件的强度、硬度和耐磨性,充分发挥钢材的潜在能力;淬火配合适当温度的回火后,零件的重量减轻了,而寿命却得到提高。这就是淬火的目

2 奥氏体的形成 淬火的第一步是加热。

根据铁碳平衡图(图1),各类钢在室温时的平衡组织是:共析钢(含碳量为0.77%)为珠光体;亚共析钢(含碳量小于0.77%)为珠光体+铁素体;过共析钢(含碳量大于0.77%)为珠光体+渗碳体。

平衡图中 A_1 、 A_s 、 A_{cm} 表示钢在平衡状态下加热或冷却时,内部组织发生变化的温度叫做临界温度或称临界点。由于钢在非

平衡状态下加热或冷却时有过冷过热现象，所以加热时的临界点符号用 Ac_1 、 Ac_3 、 Ac_{cm} 表示；冷却时的临界点符号用 Ar_1 、 Ar_3 、 Ar_{cm} 表示。

将钢加热在 Ac_1 以下，组织不发生变化。当加热到 Ac_1 以上时，珠光体即开始转变为奥氏体，随着温度的升高，过剩组织（铁素体或二次渗碳体）开始溶解于奥氏体中，到 Ac_3 （对亚共析钢来说）和 Ac_{cm} （对过共析钢而言）以上时，溶解终了，而各自成为完全单一的奥氏体组织。

那么，珠光体是怎样形成奥氏体的？

珠光体是由铁素体和渗碳体构成的机械混合物。铁素体是碳在铁的体心立方晶格中的间隙固溶体（图 2 a），由于晶格中铁

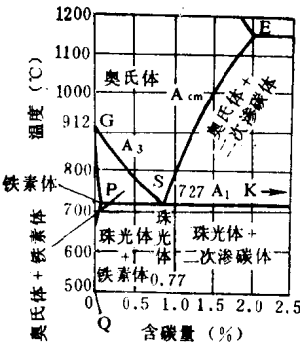


图1 铁碳平衡图左下角钢的部分

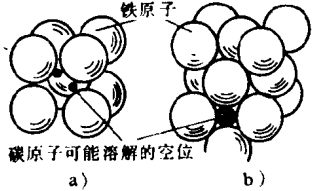


图2 铁素体与奥氏体的空隙模型位置

原子间的空隙过小（即小黑球所表示的空位），因而溶解的碳量就微乎其微。在 727°C 时，最大溶解度才为 0.0218% （P点），在约 600°C 时，大约为 0.005% （Q点）。渗碳体却不然，它是由铁和碳形成的化合物，含碳量高达 6.69% 。渗碳体和铁素体二者含碳量相差非常悬殊，前者竟达后者的 306.9 倍（在 727°C ），若在

600℃左右时，则为 1338 倍。

在珠光体中，有这样成分不均匀的条件存在，于是就在铁素体和渗碳体的交界面上，首先生成奥氏体晶核（图 3 a）。既然奥

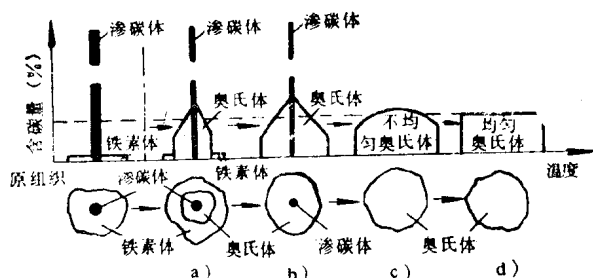


图 3 珠光体向奥氏体等温转变示意图

氏体是碳在铁的面心立方晶格中的间隙固溶体（图 2 b），晶格中铁原子间空隙较大（黑球所示），因而溶解的碳量就多。随着温度的升高，最多可达 2.11%（E 点）。奥氏体晶核要逐渐“吞并”相邻的含碳量少的铁素体，和依次慢慢溶解相邻的含碳量多的渗碳体，由此来补充自身碳分的不足。这个过程，随着时间的延长，奥氏体晶核便长大（图 3 b），一直到由晶核长大到形成的奥氏体晶粒彼此相接触。

这时，虽然刚刚生成的组织全部为奥氏体了，可是残余的渗碳体并没有完全溶解，并且整个体积中成分不会马上就均匀一致（图 3 c）——即为不均匀的奥氏体。因此，需要经过一段时间，使碳充分扩散，而达到单一均匀的奥氏体（图 3 d）；只有这时，奥氏体中的含碳量才与钢的含碳量完全相同。所以，一般将钢加热到淬火温度并在该温度下保温（二者所需的时间叫加热时间），就是这个道理。

亚共析钢中有过剩的铁素体，由于铁素体几乎不含碳，显然，

钢中的碳便都存在于珠光体中。当珠光体在 Ac_1 点开始转变成奥氏体，此时，它的含碳量便为 0.77% (S点)。在 Ac_1 与 Ac_3 范围内，随着温度的升高，铁素体便逐渐溶解于奥氏体中，致使剩余的不断减少的铁素体的含碳量也慢慢降低（沿 PG 线向 G 点移动），铁素体被奥氏体晶粒逐渐“吃掉”后，奥氏体的含碳量便逐渐降低（沿 SG 线朝 G 点运动）。对一定含碳量的钢来说，当到达 Ac_3 以上时，钢中便完全是奥氏体。这时，奥氏体的含碳量当然就等于该钢的实际含碳量。

过共析钢中有过剩的渗碳体，由于渗碳体含碳量高，显然，钢中的碳便存在于珠光体和渗碳体里。珠光体在 Ac_1 点生成的奥氏体，它的含碳量当然也是 0.77% (S点)。在 Ac_1 与 Ac_{cm} 区间内，温度继续升高时，渗碳体便逐渐溶解于奥氏体内，致使奥氏体含碳量慢慢升高（沿 SE 线向 E 点移动）。因此，对过共析钢而言，当抵达 Ac_{cm} 时，钢中也全部呈奥氏体组织状态。这时，奥氏体的含碳量当然也就等于此钢的含碳量。

3 奥氏体晶粒的长大 当钢加热到 Ac_1 以上，奥氏体形成刚刚结束时，它的晶粒非常细小，这时的晶粒度叫起始晶粒度。随着加热温度的升高或保温时间的延长，晶粒就会长大，这主要是因为晶粒互相吞并所致。

在生产实际中，钢淬火加热到一定程度后，所得到的晶粒的大小叫实际晶粒度。当然，奥氏体实际晶粒度总是比起始晶粒度为大。

不同的钢，奥氏体晶粒在加热时长大的倾向不一样，反映这种倾向性，就用本质晶粒度来表示。如果奥氏体晶粒随温度升高而迅速长大，这种钢叫本质粗晶粒钢，它主要是在炼钢时用硅铁或锰铁脱氧所造成的。假如奥氏体晶粒随温度升高长大倾向较小，只有加热到较高温度（930~950℃），保温较长时间才显著

长大，这种钢叫本质细晶粒钢，它主要是用铝脱氧炼钢的结果(图4)。

按冶标(YB27-77)钢的晶粒度测定法，将样品在金相显微镜

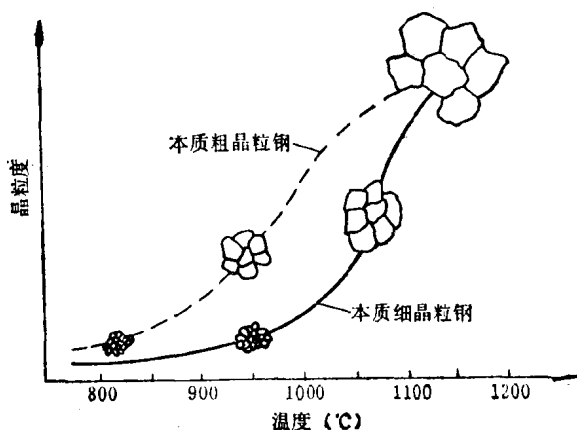


图4 本质晶粒度含义示意图

镜下放大100倍，再与八级晶粒度评级标准级别图对照，如果符合其中的1~4级者为本质粗晶粒钢，满足5~8级者为本质细晶粒钢。

影响奥氏体晶粒长大的因素主要是温度，温度越高，晶粒越大，而性能也就越低劣。

二 淬火加热的原则

1 确定好加热温度，保证组织的预期转变 要使零件淬火淬得好，首先就要根据不同的钢种，确定好淬火加热温度。

不论是碳钢，还是合金钢，只要原始平衡组织中有过剩铁素

体，则一般都加热到使铁素体完全溶解到奥氏体中的某一温度范围 ($Ac_3 + 30 \sim 50^\circ C$)，这种淬火工艺叫做完全淬火，它适合于亚共析钢。否则，淬火冷却后除奥氏体转变成马氏体外，铁素体仍然保留在钢的淬火组织中，那就会达不到高硬度的要求。而过共析钢，因原始组织中有过剩的渗碳体，则大多数都加热到使渗碳体仍保留一部分，未完全溶解到奥氏体中的那个温度区间 ($Ac_1 + 30 \sim 50^\circ C$)，这种淬火工艺称为不完全淬火。这样，淬火后除了得到马氏体外，还有更硬更耐磨的渗碳体存在，这会使淬火效果更好。如果加热到 Ac_m 以上反而弄巧成拙：渗碳体全部溶解，淬火后会增加残留奥氏体量，使淬火钢硬度下降。

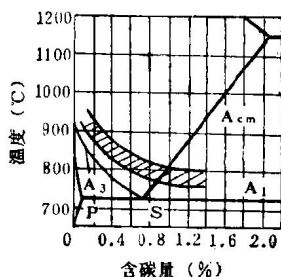


图5 碳钢淬火温度范围

总起来说，就是：凡是不利于强化的组织就消除，有利的就保留。

碳钢的淬火温度范围见图5，而各种常用钢的具体淬火温度参数，可参见附表。

2 防止过热与过烧，保证晶粒细化

(一) 过热与过烧：从钢的实际晶粒度来看，如果加热温度超过正常淬火温度很多，或停留时间长，那么，晶粒就变得很粗大，这种晶粒粗化的现象叫过热。

淬火后的细晶粒组织，强度硬度较高，但塑性韧性较低，而过热的钢，因淬火后得到粗

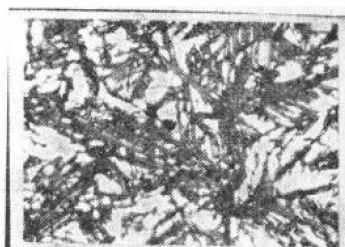
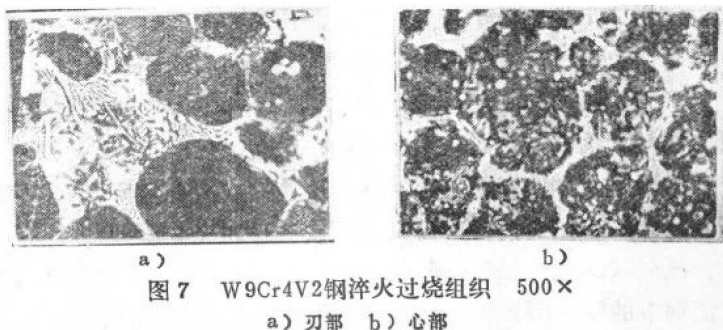


图6 粗大的马氏体针 500×

大马氏体针（图 6），不仅使强度降低，塑性、韧性降低更显著，又易变形或开裂。

如果加热温度更高，甚至接近熔化温度，则钢不但过热，而且晶界发生熔化，这叫过烧（图 7）。过烧的零件淬火后强度、塑性和韧性都极低。



（二）检查方法

（1）目视法：察看工件表面与断口。表面如有烧熔或凸凹不平的现象，则为过烧。而过热与否，从表面是看不出来的。淬硬断口如粗糙或特别粗糙，则可能是过热或过烧，因为正常淬硬断口是陶瓷状的。

（2）金相法：用金相显微镜观察。过热是检查马氏体针大小，各类钢均有标准规定。过烧是由晶界有否熔化来判断。

（三）产生原因：主要是淬火加热温度过高，或保温时间过长引起的，包括淬火温度选择不对；全部（或部分）测温系统安装、指示或控制不准确；工件在盐浴炉中距离电极，或在电阻炉中距电热体太近或与其接触。过热与过烧只是程度不同而已，轻则过热，重则过烧。

（四）防止方法

（1）控温系统应处于准确无误的工作状态。

(2) 在质量要求极其严格时, 应用试块试淬, 合格后方可大批量生产。

(3) 严格执行淬火工艺, 不能任意提高淬火温度或延长保温时间。

(五) 挽救措施: 过热的工件可经退火或正火后再重新淬火。过烧的工件则无法挽救, 只好报废。

3 防止氧化和脱碳, 保护好零件表面

(一) 氧化和脱碳: 零件在加热过程中与氧化性气氛接触, 表面铁与氧化合, 生成一层氧化物, 这就是氧化。

脱碳是指零件表面的碳被夺走, 使表层含碳量降低 (这叫不完全脱碳) 或完全失掉碳而只剩下铁 (这叫完全脱碳)。

氧气 (O_2)、二氧化碳 (CO_2)、水蒸气 (H_2O) 等气体, 都可以使钢中的铁 (Fe) 被氧化成氧化铁 (FeO), 这叫氧化气氛。这些气体再加上氢气 (H_2), 能使钢中的碳 (C) 与其化合, 而生成各种气体——一氧化碳 (CO)、甲烷 (CH_4) 等——跑掉, 这叫脱碳气氛 (见表 1)。

零件氧化时, 最外层为三氧化二铁 (Fe_2O_3), 次层为四氧化

表 1 氧化与脱碳的化学反应

类 别	气 体	化 学 方 程 式
氧化气氛	O_2	$2Fe + O_2 \longrightarrow 2FeO$
	CO_2	$Fe + CO_2 \rightleftharpoons FeO + CO$
	H_2O	$Fe + H_2O \rightleftharpoons FeO + H_2$
脱碳气氛	O_2	$2Fe(C) + O_2 \rightleftharpoons 2Fe + 2CO$
	CO_2	$Fe(C) + CO_2 \rightleftharpoons Fe + 2CO$
	H_2O	$Fe(C) + H_2O \rightleftharpoons Fe + H_2 + CO$
	H_2	$Fe(C) + 2H_2 \rightleftharpoons Fe + CH_4$

三铁 (Fe_3O_4)，当这两层极薄时，组织较致密，对性能影响不大。氧化主要是与原钢交界处生成的 FeO ，它疏松多孔，与基体结合性差，空气很易透过，使氧化继续，致使材料被破坏。温度超过 600°C 即可生成（而淬火加热都在此温度以上）。

在加热过程中，加热温度越高，时间越长，零件表面氧化和脱碳越严重。

有氧化皮的零件，表面光洁度和尺寸精度都降低。在淬火冷却时，因氧化皮导热性差，使零件有氧化皮的表层不

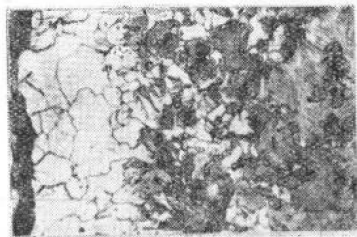


图 8 T8钢淬火脱碳组织 500×

容易淬上火。有脱碳层(图 8)的零件，因表面含碳量低，达不到硬度规定值，或因表面无碳，而干脆淬不上火。这一切都使强度、硬度、耐磨性、抗疲劳强度降低，零件表面层质量低劣，更容易产生变形或开裂。

(二) 检查方法：检查钢件是否氧化和脱碳，可在金相显微镜下做金相分析。

(三) 防止氧化和脱碳的常用方法

(1) 在空气中加热时：如果能做到使工件与氧化(或脱碳)性气氛隔绝，就可避免或减少氧化与脱碳。

① 木炭覆盖法 将工件埋入铁盘中的木炭粉(或锯木屑)内加热即可。此法极其简单易行，成本很低，但防护作用较小，生产效率低，劳动条件不好。

② 装箱保护法 在箱内将工件四周填充铸铁屑(50%新料+50%旧料)；或用旧的固体渗碳剂。这种方法简便易行，成本低，效果较好，但生产率很低，装、出箱的劳动条件恶劣。

③ 表面涂敷法 是将工件表面涂抹一层均匀、致密、完整的隔离层。自制保护涂料见表2。新型保护涂料已有成品出售，其

表2 自制保护涂料

序号	涂料成分(重量%)	涂 抹 方 法	涂层厚度 (毫米)	防氧化脱碳效果
1	饱和硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 水溶液	工件加热到300~400℃， 浸入硼砂水溶液中，马上提 出，进行1~2次，使工件表 面水分蒸发掉，覆盖一层固 体硼砂	1.0~2.0	因易开裂剥落， 不能完全防止脱 碳；油淬时易产生 淬火软点，且清洗 较困难
2	耐火粘土10~30 + 玻璃粉90~70， 另以每公斤混合料 加水1~2两	搅拌均匀，在室温用毛刷 涂抹工件表面	0.5~1.0	效果较好，淬火 后工件表面光亮
3	硼酸 (H_3BO_3)	工件加热到400~500℃， 滚沾硼酸，取出后等冒泡停 止即可淬火加热	薄层	效果好，由于微 量硼渗入，工件表 面硬度略高
4	过饱和硼酸酒精 溶液	浸粘或涂抹工件，在空气 中放置片刻，表面呈现一层 均匀的白色即可	同上	同上

涂层可自行剥落，工件表面为干净的银灰色，见表3。

(2) 在盐浴中加热时：为了最大限度地减少盐浴中的氧化物含量，一般都用脱氧剂对盐浴进行脱氧。

① 木炭脱氧剂 将粒度为15毫米左右的木炭颗粒，用清水冲洗，烘干后装进筐内，沉入盐浴底部。此法适用于中温盐浴，方法简单，成本低，但劳动条件不好，脱氧效果较差。目前，在有的小工厂中仍采用。

② 氯化铵脱氧剂 这种脱氧剂见表4。此法适用于中温盐浴，方法较简单，成本较低，脱氧效果也较好。

表3 新型成品保护涂料

涂 料 代 号		3	4	5
成 分 (重 量 %)	03玻璃料	—	10	3
	04玻璃料	20	10	6
	11玻璃料	15	26	35
	氧化铬	4	2	—
	氧化铝	—	6	—
	钛白粉	—	—	11
	云母氧化铁	8	—	—
	滑石粉	10	4	—
	改性膨润土	3	2	3
	30%虫胶溶液	20	20	21
	溶剂(乙醇、丁醇混合溶剂,重量比为8:2)	20	20	21
适用温度(°C)		800~1000	1000~1100	800~900
适 用 钢 号		碳素或合金结构钢、工具钢(如:45、40Cr、T8、Cr12MoV)	不 锈 钢 (如:1Cr18Ni9Ti)	模 具 钢 (如:5CrMnMo、5CrNiMo)

- 使用说明: 1. 涂料需搅拌均匀,并酌情加入溶剂调整粘度。如涂料液中有粗粒时,应过滤后再用。被涂工件表面应干净,无油污锈迹。
2. 采用喷涂法时,粘度为18~25秒,风压为2~4公斤力/厘米²;采用刷涂法时,粘度为35~45秒。以上一次涂刷厚度为40~80μ。采用浸涂法时,应将工件慢慢放入料槽中使之完全浸没,并再慢慢取出,轻轻甩掉或从工件下端刮去多余的涂液。
3. 第一次涂刷后,在室温下停30~60分钟后,可涂覆第二次。涂层达到要求厚度后,放置2~3小时,待完全干燥后即可进行热处理。
4. 要注意控制涂层厚度和均匀性。一般以涂覆2~3次为宜。涂层总厚度以0.1~0.2毫米为好。

表 4 氯化铵脱氧剂

序号	脱氧剂成分 (公斤)	脱 氧 剂 制 法	脱 氧 方 法
1	氯化铵 (NH_4Cl) 0.3 无水氯化钡 (BaCl_2) 0.27 糖浆 0.03	将氯化铵和氯化钡均匀混合, 然后再加入糖浆, 制成 $\phi 50$ 毫米重 50 克左右的圆饼, 并于 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 烘干后使用	将脱氧剂用细铁丝网包住, 沉入盐浴中, 保温 10 分钟后, 对盐浴捞渣。每 8 小时脱氧捞渣一次, 每次用量占盐浴总量的 $0.1\sim 0.3\%$
2	氯化铵 (NH_4Cl) 0.65 木炭粉 0.35 糖浆适量	将氯化铵和木炭粉均匀混合, 然后加入适量糖浆, 制成 $\phi 30\sim 50$ 毫米、高 $20\sim 30$ 毫米的圆饼, 晒干, 再经 $100\sim 150^\circ\text{C}$ 烘烤后使用	把脱氧剂装入铁丝筐内并压上铁块, 沉入盐浴底部, 保温 20 分钟后, 对盐浴捞渣。每 8 小时脱氧捞渣一次, 每次加入量为盐浴重量的 $0.3\sim 0.5\%$

③ 二氧化钛脱氧剂 自配脱氧剂见表 5。这类脱氧剂适用于高、中温盐浴, 脱氧效果好。目前, 已有中温盐浴脱氧剂和高温盐浴脱氧剂成品, 可购来直接使用。

表 5 高、中温盐浴脱氧剂

盐浴			使用 季节	脱氧剂组成及加入量(公斤)				脱氧方法			捞渣次数
名称	成分 (重量%)	重量 (公斤)		二氧化钛	硅胶	硅钙铁	无水氯化钡	脱氧温度	脱氧时间	脱氧次数	
				TiO ₂	SiO ₂	Si-Ca	BaCl ₂	(℃)	(分)	(次/小时)	
高温盐浴	BaCl ₂ 100	≈100	夏季	0.8	0.4	0.1	0.5~1.0	1290~1310	10~15	1/2~3	每八小时一次
			冬季	0.4	0.2	0.1	0.5	1290~1310	10~15	1/4	
中温盐浴	BaCl ₂ 70 NaCl30	≈300	全年	0.4	0.2	0.2	0.5	≈900	10~15	1/8	

④ 硼砂脱氧剂 将烘干后的硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) 撒在盐浴表面, 其用量为盐浴重量的 $2\sim 5\%$ 。连续生产时, 中温盐浴每 8 小时和高温盐浴每 4 小时就应脱氧捞渣一次。此法简单, 硼砂来

源方便，易于捞渣，但不能完全防止工件脱碳，且腐蚀电极与炉衬。

⑤ 黄血盐脱氧剂 将黄血盐 $[K_4Fe(CN)_6]$ 撒于盐浴表面，其盐渣浮于液面，捞取十分方便，因有微量CN共渗，淬火后工件表面硬度略高。但这种脱氧剂成本较高，又因形成氢氰酸恶化劳动条件，且又不许带入高温盐浴中，故目前已不多用。

(3) 在保护气氛中加热时：能够防止钢在加热时氧化和脱碳的气氛，叫保护气氛。

① 放热式气氛 由可燃性原料气(如：液化石油气、天然气、城市煤气等)与空气按一定比例混合后，靠自身不完全燃烧放出的热量进行反应所制成的气体，称为放热式气氛。它是由 CO 、 CO_2 、 H_2 、 H_2O 、 N_2 及少量 CH_4 所组成的气体。主要应用于低碳钢及中碳钢的无氧化加热。

② 吸热式气氛 把燃料气(如：甲烷、丙烷、丁烷等碳氢化合物)和空气按一定比例混合而成。混合气不能自行燃烧，必须在外部供给热源加热的情况下，混合气才能进行燃烧反应，反应后所形成的混合气即称为吸热式气氛。气氛中的 H_2O 、 CO_2 含量较放热式气氛为低。主要适用于中碳钢及高碳钢的保护加热。

③ 滴注式可控气氛 将液态碳氢化合物(如：煤油、甲醇、乙醇)直接滴入炉内，经热分解而得到的 CO 、 CH_4 、 H_2 、 N_2 等的还原性混合气，叫滴注式可控气氛。一般井式炉或箱式炉稍加改装即可使用，操作方便，防止钢件氧化和脱碳的效果很好。

4 在保证加热质量的前提下，加热速度要尽可能地快 零件加热速度的高低，取决于很多因素。外在因素有加热介质、炉温，内在因素有零件所用钢的化学成分、形状尺寸及装炉量。

(一) 加热介质：零件加热必须通过某种媒介，这媒介就是加热介质。