



实用热处理

《实用热处理》编写组编

湖南人民出版社

TG15
2
3

实 用 热 处 理

《实用热处理》编写组编

V. 574.756

湖南人民出版社

一九七五年元月



A 521580

内 容 简 介

本书介绍了钢铁主要的组织、工模具热处理、化学热处理、表面热处理、有色金属热处理等内容。为了现场使用方便，钢材是按含碳量顺序编排的，并将几种常用性能曲线改为表格查阅。可供具有一定热处理操作经验的工人学习和查阅一些钢材数据，也可以供有关工程技术人员参考。

实 用 热 处 理

《实用热处理》编写组编

*

湖南人民出版社出版

湖南省新华书店发行

湖南省新华印刷二厂印刷

*

1975年5月第1版第1次印刷

印数：1—10,000册

统一书号：15109·107 定价：1.98元

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，通过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，一个社会主义建设新高潮正在出现。为了适应工业生产发展的需要，我们编写了《实用热处理》一书，供具有一定热处理实践经验的工人学习参考。

本书是由铁道部田心机车车辆工厂工具车间热处理组的工人与技术人员执笔，写出初稿后，又同湖南大学、株洲铁路机械学校的有关教师一道，组成以工人为主体的三结合编写小组，经过反复多次修改编写而成的。在编写过程中，为了紧密结合生产实际，长沙市热处理专业组的同志给我们提出了不少宝贵意见。中南矿冶学院有关的同志，对第六章进行了改写。

伟大领袖毛主席教导我们：“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”为了适应生产的需要，我们虽然作了一定的努力，但由于水平有限，加之广泛征求意见不够，书中可能还存在不少缺点或错误；同时，在热处理方面的先进技术和工艺，不断出现，这方面的资料我们也搜集得不多。为此，热忱地希望读者提出批评和建议，以便再版时补充修改。

《实用热处理》编写组

1974年11月

目 录

第一章 钢的热处理基础	(1)
-------------------	-------

概 述	(1)
-----------	-------

第一节 钢的基本组织	(1)
------------------	-------

一、奥氏体	(2)
-------------	-------

二、铁素体	(4)
-------------	-------

三、渗碳体与合金碳化物	(4)
-------------------	-------

四、珠光体	(5)
-------------	-------

五、贝氏体	(9)
-------------	-------

六、马氏体	(9)
-------------	-------

七、莱氏体	(11)
-------------	--------

第二节 钢的加热	(14)
----------------	--------

一、淬火加热温度的确定	(16)
-------------------	--------

二、加热时间的确定	(16)
-----------------	--------

第三节 钢的淬火冷却	(19)
------------------	--------

一、淬火介质和淬火方法的选择	(19)
----------------------	--------

二、淬火介质的特性及使用	(21)
--------------------	--------

三、淬火方法与C曲线的关系	(26)
---------------------	--------

第四节 钢的回火转变	(30)
------------------	--------

一、回火工艺	(30)
--------------	--------

二、回火时钢的性能变化规律	(32)
---------------------	--------

三、钢回火时的组织转变	(34)
-------------------	--------

四、合金钢回火时的转变特点	(38)
---------------------	--------

第五节 奥氏体稳定化问题.....	(40)
-------------------	--------

第二章 工模具热处理	(42)
------------------	--------

第一节 工模具对原材料的要求.....	(43)
---------------------	--------

一、对碳素工具钢的原材料要求.....	(43)
---------------------	--------

二、对合金工具钢的原材料要求.....	(44)
---------------------	--------

三、对高速钢的原材料要求.....	(46)
-------------------	--------

第二节 碳化物的分布对高碳高合金钢的影响.....	(48)
---------------------------	--------

一、碳化物的分布对钢材机械性能的影响.....	(48)
-------------------------	--------

二、碳化物与锻造的关系.....	(49)
------------------	--------

三、碳化物的分布对热处理的影响.....	(50)
----------------------	--------

第三节 常用工模具钢的热处理.....	(50)
---------------------	--------

一、常用工模具钢的预先热处理.....	(51)
---------------------	--------

二、常用工模具钢的性能和工艺.....	(53)
---------------------	--------

第四节 高速钢热处理.....	(75)
-----------------	--------

一、高速钢热处理的特点.....	(75)
------------------	--------

二、高速钢的预先热处理.....	(76)
------------------	--------

三、高速钢的淬火加热.....	(78)
-----------------	--------

四、高速钢的淬火冷却.....	(80)
-----------------	--------

五、高速钢生产中常见的淬火工艺.....	(82)
----------------------	--------

六、高速钢的回火.....	(85)
---------------	--------

七、高速钢的冷处理.....	(86)
----------------	--------

八、高速钢产品的返工.....	(86)
-----------------	--------

九、高速钢刀具的焊接.....	(87)
-----------------	--------

十、高速钢热处理实例.....	(88)
-----------------	--------

第五节 热作模的热处理.....	(91)
------------------	--------

一、热作模使用的钢材.....	(91)
-----------------	--------

二、热作模预先热处理·····	(92)
三、模锻锤的锻模淬火及回火·····	(92)
四、自由锻锤的锻模淬火及回火·····	(95)
第三章 化学热处理·····	(97)
第一节 渗碳·····	(98)
一、固体渗碳·····	(98)
二、液体渗碳·····	(101)
三、气体渗碳·····	(102)
四、渗碳后的金相组织及渗碳层厚度的测定·····	(105)
五、渗碳后的热处理·····	(107)
第二节 钢的氮化·····	(109)
一、气体氮化·····	(109)
二、气体洁净氮化·····	(118)
三、离子氮化·····	(119)
四、镀钛氮化·····	(121)
五、软氮化·····	(122)
第三节 固体渗金刚砂(碳化硅)·····	(127)
一、配方·····	(127)
二、装箱与开箱方法·····	(127)
三、渗层与加热温度保温时间的关系·····	(127)
四、实例·····	(128)
第四节 渗硼·····	(129)
一、固体渗硼·····	(130)
二、液体渗硼·····	(130)

第四章 表面热处理.....(133)

第一节 火焰淬火法.....(133)

一、设备.....(133)

二、淬火方法.....(133)

三、操作步骤.....(135)

四、影响淬火质量的因素.....(136)

五、安全技术.....(136)

六、火嘴.....(136)

七、实例.....(137)

第二节 高频淬火.....(139)

一、感应加热的原理.....(139)

二、高频感应加热设备.....(140)

三、操作及安全知识.....(145)

四、GP-100-C 高频设备常见的故障及处理.....(147)

五、日常维护.....(150)

六、感应器.....(150)

七、淬火温度.....(170)

八、设备的调节.....(171)

九、实例.....(172)

第三节 电接触表面淬火.....(177)

一、基本原理.....(177)

二、注意事项.....(177)

三、实例.....(178)

第五章 铸铁热处理.....(180)

第一节 铸铁的分类.....(180)

一、白口铸铁	(180)
二、灰口铸铁	(181)
三、球墨铸铁	(183)
四、可锻铸铁(马铁)	(184)
第二节 铸铁热处理时的组织转变	(185)
一、铸铁热处理加热时的组织转变	(186)
二、铸铁热处理冷却时的组织转变	(186)
第三节 铸铁热处理方法	(188)
一、消除应力退火	(188)
二、石墨化退火	(189)
三、正火	(190)
四、淬火及回火	(191)
五、铸铁的等温淬火	(194)
六、铸铁的表面淬火	(196)
第六章 有色金属合金热处理	(202)
第一节 铝及铝合金	(204)
一、变形铝合金	(205)
二、铸造铝合金	(210)
三、铝合金的热处理	(213)
四、铝及铝合金牌号、成分、性能和热处理工艺 数据表	(227)
第二节 铜及铜合金	(253)
一、紫铜(即工业纯铜)	(258)
二、黄铜	(259)
三、青铜	(261)
四、白铜	(263)

五、铜合金的热处理特点·····	(264)
六、铜及铜合金牌号、成分、性能和热处理工艺 数据表·····	(268)
第七章 热处理加热炉简易设计·····	(302)
第一节 箱式和井式电阻炉·····	(302)
一、电阻炉的分类·····	(302)
二、箱式、井式电阻炉的简易设计·····	(302)
三、电阻炉的使用和维修·····	(310)
第二节 盐浴炉·····	(312)
一、盐浴炉的分类·····	(312)
二、电极盐浴炉功率的计算·····	(313)
三、电极安放形式与尺寸的确定·····	(315)
四、盐浴炉炉衬·····	(319)
五、盐浴炉的使用·····	(319)
第三节 燃油炉·····	(320)
一、分类·····	(320)
二、喷嘴形式·····	(323)
第四节 国产热处理炉技术数据·····	(325)
第八章 热处理变形与裂纹·····	(337)
第一节 钢的缺陷类型·····	(337)
一、缩孔·····	(337)
二、气泡·····	(338)
三、疏松·····	(338)
四、偏析·····	(338)
五、非金属夹杂物·····	(339)

六、白点	(339)
七、氧化与脱碳	(339)
八、过热与过烧	(339)
九、脆性	(340)
十、疲劳	(340)
第二节 热处理基本应力	(340)
一、热应力	(341)
二、组织应力	(343)
第三节 淬火变形产生原因及防止方法	(345)
一、弯曲变形	(345)
二、体积变形	(351)
三、变形的校正	(362)
第四节 淬火裂纹的产生及防止方法	(367)
一、拉伸应力对淬裂的作用	(367)
二、影响淬火裂纹产生的因素	(368)
三、分析淬裂具体方法	(379)
四、裂纹防止方法	(382)
第九章 钢的性能、用途及热处理	(386)

查阅本章钢号的几点说明及页次

第一节 钢的分类和编号	(392)
一、钢的分类	(392)
二、我国钢的命名方法及现行标准(GB221—63)	(394)
第二节 低碳钢	(398)
第三节 中碳钢	(454)
第四节 弹簧钢	(533)
一、碳素弹簧钢	(533)

二、锰弹簧钢.....	(534)
三、硅锰弹簧钢.....	(534)
四、铬钒弹簧钢.....	(535)
第五节 轴承钢	(563)
第六节 工具钢	(575)
一、碳素工具钢.....	(575)
二、合金工具钢.....	(576)
三、高速工具钢.....	(578)
第七节 不锈钢耐酸钢	(638)
第八节 耐热、不起皮钢	(676)
附录 1 钢的火花鉴别	(724)
一、火花各部名称.....	(724)
二、碳素钢的火花特征.....	(725)
三、合金钢的火花特征.....	(727)
附录 2 国内外钢号对照表	(731)
附录 3 硬度的换算和对照	(749)
一、洛氏硬度 HRC 与其它硬度及强度换算 表(试行).....	(749)
二、洛氏硬度 HRB 与其它硬度及强度换算 表(试行).....	(752)
三、压痕直径与布氏硬度对照表.....	(755)

第一章 钢的热处理基础

概 述

热处理是将钢件通过加热至一定温度，保温一定时间和以一定的速度冷却的方式来改变钢的组织，从而改变钢的性能的一种工艺方法。刀具通过淬火获得马氏体组织才具有高的硬度；弹簧在淬火和中温回火后获得回火屈氏体组织而具有高强度和高弹性；高碳钢经过球化退火得到球状珠光体才能顺利地进行切削加工等等。可见，钢的性能是由组织决定的。

钢的组织决定于两个因素，一个内因，即钢的成分（主要指钢的含碳量及合金元素含量）和固态转变特性；一个外因，即热处理条件（主要指加热温度、冷却速度）。热处理工作的任务就是通过加热和冷却来改变钢的内部组织，以达到所需要的性能。 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 状态图(图1—1)，它告诉我们钢铁的组织是怎样随着含碳量和温度的变化而转变为不同组织；另一个是C曲线(图1—2)，它告诉我们当钢的成分一定时，钢的组织是怎样随冷却速度而变化。大家对这两个内容已有了一定的认识。在这个基础上，本章主要对钢中的几种基本组织以及钢在加热、冷却和回火过程中组织的变化规律作进一步分析。

第一节 钢的基本组织

钢的几种基本组织及其特性如下：

一、奥氏体

碳原子在 γ -Fe 中的间隙固溶体称为奥氏体，用符号“A”表示。除某些特殊钢(例如高锰钢、奥氏体不锈钢)外，一般钢只有加热至临界点以上才能得到奥氏体组织，如图1—1所示。随后冷却到临界点以下，奥氏体转变为其它组织，如图1—2所示。例如淬火后奥氏体转变为马氏体组织；退火、正火后奥氏体转变为珠光体型的组织。

奥氏体在随后的冷却中究竟转变为哪种组织？这与冷却条件、工件大小及奥氏体稳定性有关。奥氏体的稳定性，主要指奥氏体冷却至临界点以下稳定不变的程度(这时的奥氏体又叫过冷奥氏体)。通常用C曲线(图1—2)鼻部温度(650~550℃)处奥氏体稳定不变的时间(第九章中用 S_1 符号表示)来衡量。时间愈长表示奥氏体愈稳定，钢的C曲线离纵轴(温度轴)愈远，即位置愈右。合金钢可在油中淬硬，而碳钢往往不行，这是因为合金钢的奥氏体稳定性好，能在油中得到马氏体组织，而碳钢的奥氏体稳定性差，在缓冷介质中冷却易发生分解得不到马氏体组织。

从共析钢的C曲线(图1—2)不难看出，在临界点(A_1)以下不同温度处奥氏体的稳定性是不同的。C曲线鼻温(650~550℃)处奥氏体最不稳定，可见这是一个关键区域，在淬火冷却时必须使奥氏体迅速通过这个区域，过冷至更低的温度(M_s)，转变为马氏体。所以淬火一般要在激烈的冷却介质中进行冷却。

奥氏体的稳定性直接影响钢的热处理工艺。奥氏体越稳定、 S_1 时间越长，奥氏体在550~600℃发生分解的时间推迟，这表明从高温冷却下来的奥氏体可从容通过鼻部，而后在低温转变为马氏体。这种钢材就可以在缓慢的冷却介质中淬火，既达到淬硬的目的，又可避免工件变形开裂。因此，常常把奥氏体的稳定性作为制订钢铁

热处理工艺性的一个重要依据。

奥氏体的稳定性决定C曲线的位置。凡增加奥氏体稳定性的因素，均使C曲线右移。其影响因素如下：

1.含碳量：一般认为淬不硬的钢叫铁。这是因为低碳钢奥氏体稳定性差， S_1 不到一秒，在冷却过程中奥氏体易在鼻温分解为珠光体型的组织。

2.合金元素：碳钢一般水冷才能淬硬，而合金钢可以油冷甚至空冷也可达到淬火目的。这是因为钢中的合金元素惰性大，合金碳化物不易从奥氏体中析出，从而增加了奥氏体的稳定性，延长了 S_1 （达几百秒），这样钢在淬火冷却时，奥氏体就可从容通过鼻温至马氏体点转变为马氏体。所以，在生产中一些重要零件，尤其尺寸较大、形状复杂、性能要求较高的零件，应采用合金钢制造。

必须注意，合金元素在提高奥氏体稳定性的同时又引起钢的马氏体转变点（ M_s-M_z ）下降，使钢淬火后的残余奥氏体量增加，影响钢的硬度和尺寸的稳定。为此，对某些高合金钢必须设法减少残余奥氏体的稳定性。生产上往往采用高温回火的方法来实现。因为高温回火时，合金碳化物由残余奥氏体中析出，使奥氏体合金化程度降低，达到减小奥氏体稳定性、升高马氏体转变点的目的，于是某些合金钢在回火的冷却过程中残余奥氏体将转变为马氏体，即称为二次淬火。例如高速钢于 560°C 三次回火的冷却过程均发生二次淬火。因此，这类高合金钢回火冷却时也应缓慢地冷却严防水冷，以免工件开裂。

3.奥氏体晶粒大小：在生产中遇到工件淬不硬，有时采用升高加热温度和延长保温时间的办法来解决。因加热温度越高，保温时间越长，奥氏体晶粒越粗大，成分越均匀（碳及合金元素在奥氏体中分布均匀），都使奥氏体稳定性增加。此外，奥氏体晶粒越粗大，晶界面积越小，都不利于珠光体型的组织转变。

二、铁素体

碳在 α -Fe中的固溶体叫铁素体。因为铁素体的含碳量很低，性能上与纯铁相似。强度低 ($\sigma_b = 25 \sim 30$ 公斤/毫米²)，塑性好 ($\delta\% = 50$)。

在室温下铁素体是钢的基体，所以成为钢的主要组织之一。尤其在低碳钢中铁素体数量多，因此提高铁素体的强度对改善钢的机械性能有重要意义。

合金元素Mn、Si、Ni、Cr、W等都能溶入铁素体中形成置换式的固溶体叫合金铁素体。因合金原子与铁原子的大小不一样，溶入后引起原子排列不规则，造成晶格歪扭，使材料抵抗塑性变形的能力增加，所以强度和硬度升高。这种因合金元素溶入使固溶体强度和硬度升高，塑性、韧性下降的现象称为固溶强化。铁素体的硬度只有HB80，在铁素体中加入1%Si时，硬度升高为HB120。因此，固溶强化成为强化金属材料的重要方法之一。对于一般不需要调质热处理的低合金高强度钢(例如船舶及锅炉用钢16Mn、09Mn2等)，主要靠这一作用来提高强度。

三、渗碳体与合金碳化物

碳与铁的化合物(Fe_3C)称为渗碳体。其含碳量为6.67%。因为碳在 α -Fe中的溶解度很低($<0.02\%$)，因此一般碳钢在低温范围内的组织除铁素体外，还有渗碳体存在。渗碳体是由复杂的八面体晶格组成，它的性能和铁素体截然不同，硬而脆(HRC70~75，塑性几乎等于零)。如果使渗碳体均匀地、细密地分布在铁素体基体上可以显著地提高钢的强度和硬度。

在合金钢中，合金元素除溶于铁素体外，还可能溶于渗碳体中(称为合金渗碳体)或形成特殊碳化物。Mn、Cr、Mo、W、V、Ti等

合金元素都能形成碳化物,它们形成碳化物的倾向依下列顺序增加:

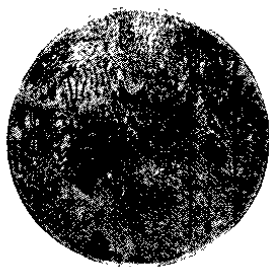


碳化物形成倾向愈强的元素,所形成的碳化物(如WC、VC、TiC)一般也愈稳定;加热至高温时,也愈不易溶于奥氏体内,例如高速钢中,由于存在大量难溶的碳化物(WC、VC等),只有在较高的温度下才溶入奥氏体,所以高速钢的淬火温度很高。这类碳化物往往成为阻止奥氏体晶粒长大的有力因素。合金钢中常常加入微量的Ti或V,起细化晶粒的作用,例如常用的渗碳钢18CrMnTi和弹簧钢50CrVA。

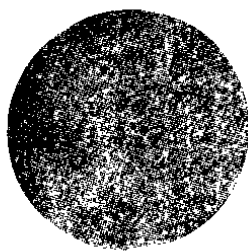
合金碳化物均具有极高的硬度,当它们在钢中的分布合适时,可以显著提高钢的耐磨性、红硬性和强度,热处理后存在高速钢中的主要碳化物如 $(\text{Fe}, \text{W})_6\text{C}$ 、 Cr_{23}C_6 、VC它们均起以上作用。如果分布不当如碳化物大小不一,分布不均,就会影响工件的性能和寿命。

四、珠光体

碳钢退火后的组织中有珠光体,它是铁素体和渗碳体的机械混合物。渗碳体以片层状分布时,称为片状珠光体;渗碳体以颗粒状分布时,称为球状珠光体。其金相组织如图1—3a与b所示。



(a) 片状珠光体



(b) 球状珠光体

图1—3