

全国高等农业院校教材

《机械工程材料学》 辅助教材

北京农业机械化学院主编

农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材

《机械工程材料学》辅助教材

北京农业机械化学院主编

农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材
《机械工程材料科学》辅助教材
北京农业机械化学学院主编

• • •
责任编辑 何致莹

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16开本 5印张 106千字
1985年11月第1版 1985年11月北京第1次印刷
印数 1—2400 册
统一书号 15144·702 定价 0.93 元

前 言

本教材是按农牧渔业部教育司(83)农(教高)字第289号文的精神,“为了培养学生独立工作和实际操作能力,加强实践性教学环节,提高教学质量和教学效果”,根据1983年全国高等农业院校《机械工程材料学》教学大纲的要求,受部委托编写而成的,与《机械工程材料学》教材配套使用。

本教材内容共分四部分:

第一部分为机械工程材料实习指导。机械工程材料实习,一般安排在金属工艺学实习中进行。实习中除认识常用的机械工程材料外,重点认识钢铁热处理的基本工艺与设备,为学习《机械工程材料学》提供必要的实践基础。

第二部分为金属材料及热处理实验指导。包括五个必作实验和三个选作实验。与讲课、课堂讨论等教学环节配合进行。

第三部分为机械工程材料学课堂讨论指导。实践表明,将重点教学内容组织课堂讨论,不仅可以巩固和加深对内容的理解,且可培养学生主动探求知识和独立分析问题的能力。

第四部分为复习题、思考题与作业。

本教材是在北京农业机械化学院朱佩君、赵世纬、方纲、李德玉、胡三媛和西南农学院李国贤历年来先后编写的各种教学法文件的基础上,由赵世纬、李国贤、方纲重新编写而成。教材中第一、三部分由赵世纬编写,第二部分由方纲编写,第四部分由李国贤编写。全书由赵世纬主编,由北京农业机械化学院农绍华主审。

由于编者水平有限,书中不妥与错误之处实难避免,殷切希望读者予以批评指正。

编 者

1984年9月于北京

目 录

前言

第一部分 机械工程材料实习指导	1
一、实习目的	1
二、实习内容与安排	1
三、实习指导	1
(一) 机械工程材料的分类.....	1
(二) 钢铁冶炼与钢材生产过程简述	3
(三) 金属机械性能的概念	4
(四) 钢铁热处理基本知识	6
(五) 工件制造工艺过程举例	12
第二部分 金属材料及热处理实验指导	14
实验一 金相显微试样制备与金相显微镜使用	14
实验二 金属材料硬度测定	21
实验三 铁碳合金平衡组织观察及不同含碳量的碳钢硬度测定	29
实验四 碳钢的热处理	34
实验五 铸铁显微组织观察	40
选作实验一 结构钢的淬透性测定	43
选作实验二 表面淬火与渗碳热处理	46
选作实验三 有色合金显微组织观察	48
第三部分 机械工程材料学课堂讨论指导	51
课堂讨论一 铁碳合金状态图	51
课堂讨论二 钢的过冷奥氏体转变	52
课堂交流讨论三 钢的热处理	53
课堂讨论四 零件材料及热处理工艺的选择	54
第四部分 机械工程材料学习题与作业	56
习题部分	56
第一篇 金属材料学基础理论	56
第一章 金属机械性能.....	56
第二章 金属晶体结构与结晶	56
第三章 合金	57
第四章 金属塑性变形及强化	58
第五章 钢的热处理.....	59
第二篇 常用机械工程材料.....	63
第六章 结构钢.....	63

第七章 工具钢.....	63
第八章 特殊性能钢.....	64
第九章 铸铁.....	64
第十章 其它金属材料.....	65
第十一章 非金属材料.....	66
第三篇 零件的失效分析与选材.....	67
第十二章 零件的失效分析.....	67
第十三章 农业机械零件的材料选择.....	67
作业部分.....	71
零件材料与热处理工艺选择.....	71
作业一 机用平口钳.....	71
作业二 通—25型犁体.....	71
作业三 铁牛—55拖拉机转向器.....	71

第一部分 机械工程材料实习指导

一、实习目的

机械工程材料学是一门实践性较强的技术基础课程，在课堂教学前安排一次认识实习是十分必要的，同时，对学生学习后续课和以后从事技术工作也有着重要作用。

实习目的主要有：

1. 初步认识各类主要机械工程材料。
2. 现场了解钢铁冶炼与钢材生产过程。
3. 现场了解钢铁热处理基本工艺操作方法和热处理车间常用设备的作用与使用方法。

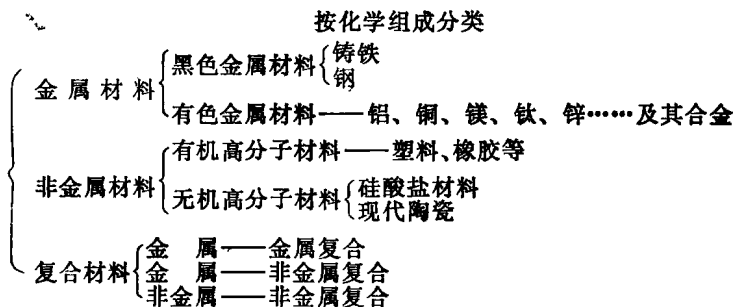
二、实习内容与安排

本实习可安排在金属工艺学认识实习期间，在机械厂热处理车间（或热处理实验室）和机械工程材料模型室进行，为期3—5天。

1. 了解机械工程材料的种类，并观察各种机械工程材料制作的结构零件与工具。
2. 了解并观察钢铁冶炼与钢材生产过程。
3. 了解并观察碳钢的强度、塑性、硬度和冲击韧性的试验与工程塑料的强度和马丁耐热温度的测定。
4. 进行（或观察）钢的主要热处理工艺（退火、正火、淬火、回火、高频表面淬火和气体渗碳）的操作，了解各种不同热处理工艺规范、操作方法与不同应用以及热处理主要设备的型号、作用、简单构造原理与使用方法。有条件时，每个学生可按图纸要求对一、二个零件，如钳工榔头或机床齿轮等（详见后叙），独立进行热处理操作。

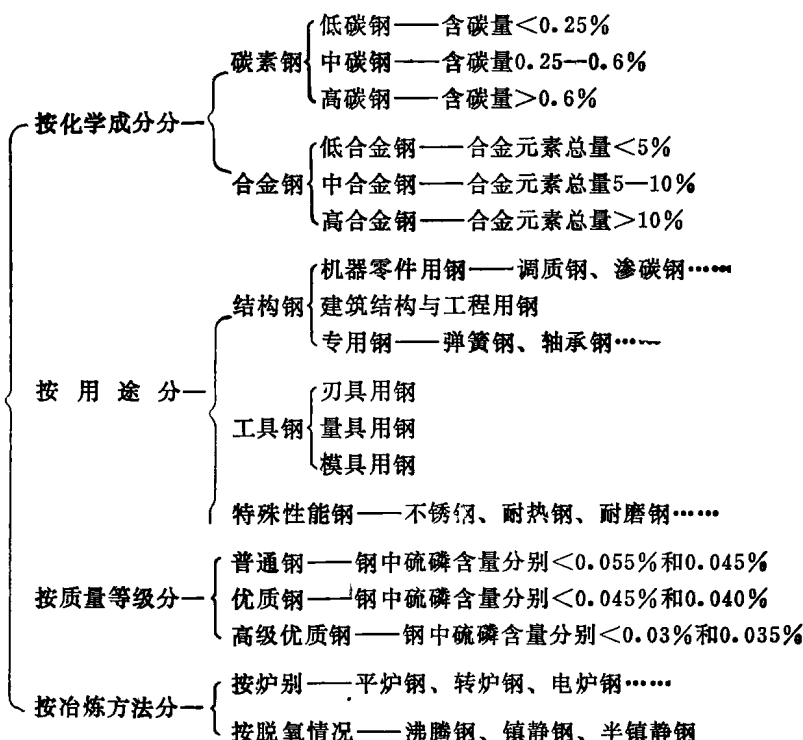
三、实习指导

（一）机械工程材料的分类



上述材料中, 当前应用最广的机械工程材料是钢、铸铁和塑料。

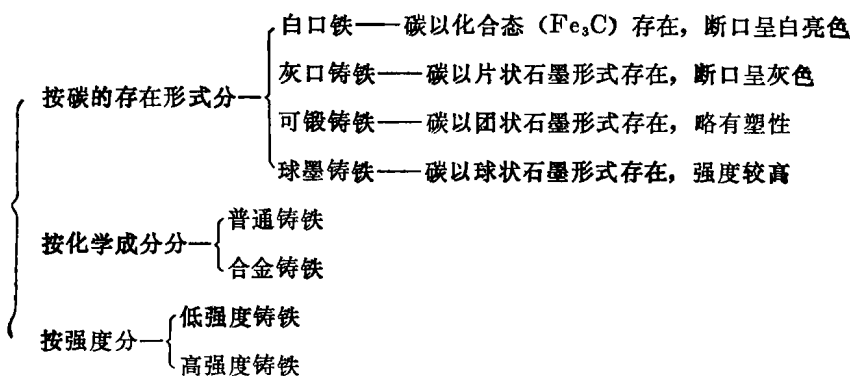
1. 钢的分类 含碳量 $<2.11\%$ 的铁碳合金, 谓之钢。



钢具有十分优良的机械性能以及锻造性、焊接性和切削加工性等。与合金钢相比, 碳钢且价格较低, 故长期以来是机器制造业中应用最广泛的金属材料。

现代工业的发展, 碳钢常常不能满足使用性能要求, 故许多高性能要求的零件, 只得采用合金钢。合金钢就是在碳钢中加入一定量合金元素的钢。目前常用的合金元素有 Cr、Ni、Mo、Mn、Si、Al、B、V、W、Nb、RE 等。

2. 铸铁的分类 含碳量 $>2.11\%$ 的铁碳合金, 谓之铸铁。



铸铁具有一定的机械性能和良好的铸造性、切削加工性，且价格低廉，故长期以来是机器制造业中应用最广的另一类金属材料。以重量计，铸铁件在农机制造业中，约占40—60%；在汽车、拖拉机制造业中，约占50—70%；在机床、重型机械制造业中，约占60—90%。

近年来，由于球墨铸铁的发展，一些本来用钢制造的零件，已成功地被球墨铸铁所替代。

3. 塑料的分类 塑料是以合成树脂为主要成分的有机高分子材料，在适当的温度与压力下，能塑造成各种形状的制品。它具有质轻、绝缘、减磨、自润滑、耐磨、耐蚀、美观等特点，且成型工艺简便，生产率高。是一种具有发展潜力的新型工程材料。

塑料通常分为热塑性和热固性两大类。

(1) 热塑性塑料 有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、有机玻璃、尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砒和氟塑料等。

这类塑料的特点是受热后软化、熔融，冷却后再恢复，可以反复多次而化学结构基本不变。

(2) 热固性塑料 有酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、有机硅塑料、聚氨酯塑料等。

这类塑料的特点是可在常温或受热后起化学反应，固化成型，再加热时不可逆。

(二) 钢铁冶炼与钢材生产过程简述

1. 铁的冶炼过程 铁在自然界中蕴藏量较多，冶炼方便，且性能优良，故长期以来应用极为广泛。然而铁极易和别的元素化合，特别是极易和氧化合，因此，铁矿石是由两部分组成的：铁的化合物；废石（也称脉石），如 SiO_2 、 MnO 、 Al_2O_3 ……。

炼铁的任务就是：①将铁的化合物和废石分离；②再从铁的化合物中把铁还原出来。可见，单把矿石装入高炉中是炼不出铁来的，还必须加入燃料和熔剂才行。铁矿石（赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿、褐铁矿等）、燃料（焦炭）和熔剂（石灰石、白云石或石英等）合称为“炼铁原料”。将炼铁原料装入砌有耐火材料的高炉中进行熔炼，则获得生铁。

生铁按成分和用途，又有铸造生铁、炼钢生铁和特种生铁之分，都是铁和碳的合金，此外还有硅、锰、硫、磷等杂质。

图 I—1 左边所示为生铁的冶炼过程。

2. 钢的冶炼过程 表 I—1 中看出，钢和铁的区别在于含碳量和杂质元素的含量的不同。

因此，钢的冶炼过程，则是根据所炼钢种和对质量的要求；调整钢中碳和合金元素含量至规定范围之内，并使 S、P、N、O、H 等杂质的含量降至允许限量之下。由于钢和铁的杂质含量不同，故其性能也有显著差异，这也就是重要的工具和机器零件常常要用钢而不能使用一般的铸铁来制造的原因。

炼钢的基本原料是炼钢生铁和废钢；此外，还有各种铁合金和金属，用以调整钢的化

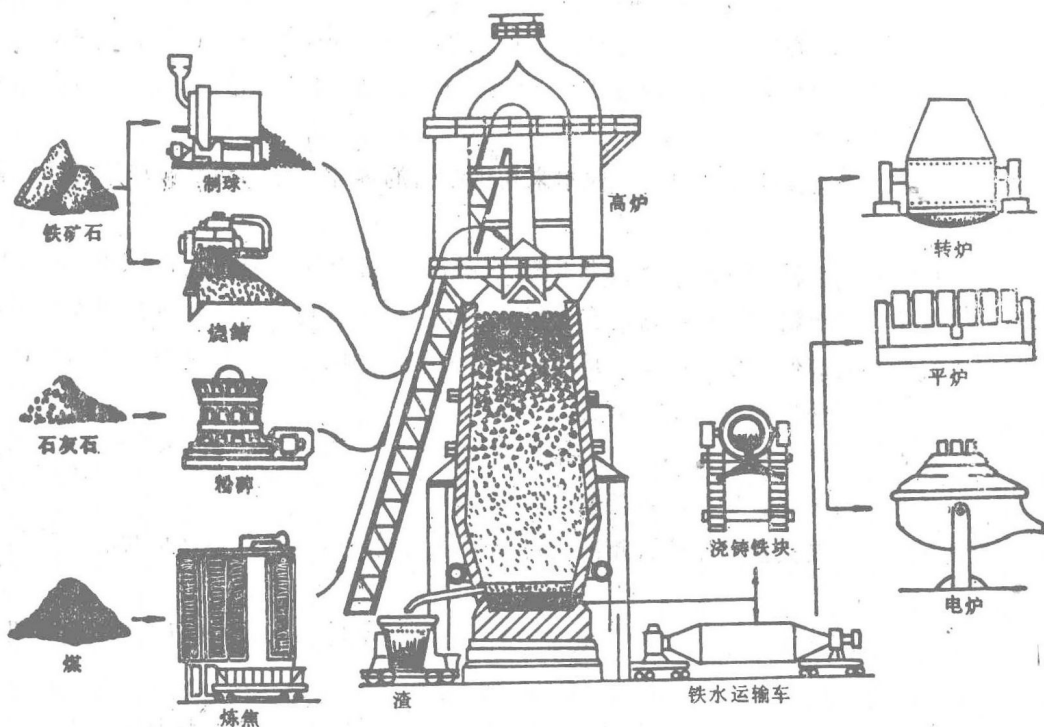


图 I-1 钢铁冶炼生产过程简图

表 I-1 钢铁成分比较

成 分	生 铁	碳 素 钢
C	2.11—5%	<2.11%
Si	1.5	0.8
Mn	1	0.5
S	0.2	0.03
P	0.05	0.03

学成分；还要加入各种造渣和辅助材料，以除去杂质，保证钢的质量。

炼钢炉主要有转炉、平炉和电炉。每种炉按炉衬材料又有酸性炉和碱性炉之分。

图 I-1 右边所示为上述三种炼钢炉。

3. 钢材生产过程 机械工业用钢中，除铸、锻件外，数量最大的是钢材，如板、管、棒、丝、带及型材。这些钢材的生产过程大致如图 I-2 所示。钢材的质量和性能，与生产工艺密切相关，要求生产过程中的每道工序和环节按工艺技术条件严格控制。

(三) 金属机械性能的概念 机器零件在使用中，都可能会因外力作用发生变形或断裂。变形可分两种：一种是弹性变形，即外力去掉后，变形就会消失；另一种是塑性变

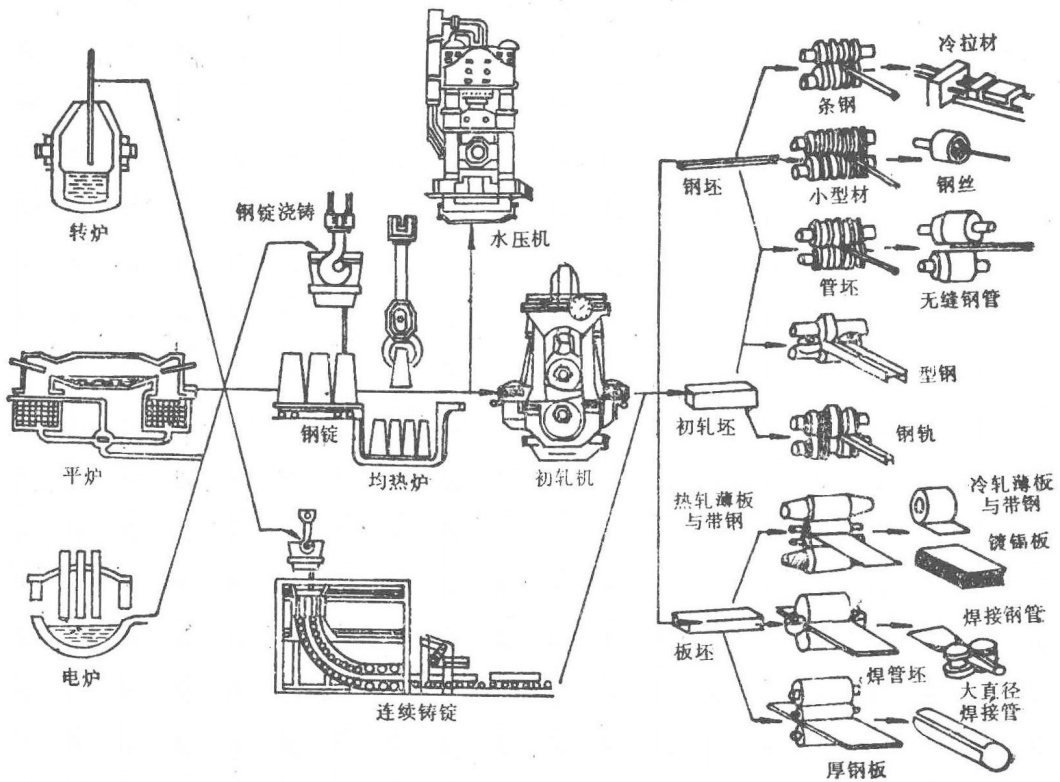


图 I-2 钢材生产过程简图

形，即外力去掉后，变形不会消失。

外力又称载荷。载荷有静止的、冲击的、变化的和不变化的等。当零件承受的载荷超过材料允许的一定限度时，零件将被损坏。因此，作为机器零件，必须具有在外力作用下抵抗破坏的能力。

传统的机械性能是指材料的强度、塑性、韧性和硬度等，它们的具体指标都是借助于专门的仪器，通过实验测试获得的。

1. 强度 强度是指在外力的作用下，材料抵抗变形和断裂的能力。按外力作用的方式不同，可分为抗拉、抗弯、抗扭、抗压强度等，一般常采用抗拉强度，以符号 σ_b 表示。

2. 塑性 塑性是指在外力作用下，材料产生塑性变形而不断裂的能力。工程上常以延伸率 $\delta\%$ 和断面收缩率 $\psi\%$ 表示。

测定材料的强度与塑性值，是在材料拉伸试验机上进行的。

3. 冲击韧性 冲击韧性是表示材料抵抗冲击载荷而不破坏的能力。工程上常以 α_k 值表示。

测定 α_k 值，是在材料的冲击试验机上进行的。

4. 硬度 硬度是指材料抵抗硬物压入表面的能力，亦即对局部塑性变形（永久变形）的抗力。

常用的硬度指标有：布氏硬度（HB）、洛氏硬度（HRC、HRB、HRA）和维氏硬度（HV）等。由于硬度测试的设备简单、操作容易，且不损坏零件，加之各种硬度值可以互相换算，硬度值与强度指标之间还有一定的关系，因此，硬度测试已成为产品质量检查中必不可少的手段，是设计图纸中技术标注的主要数据之一。

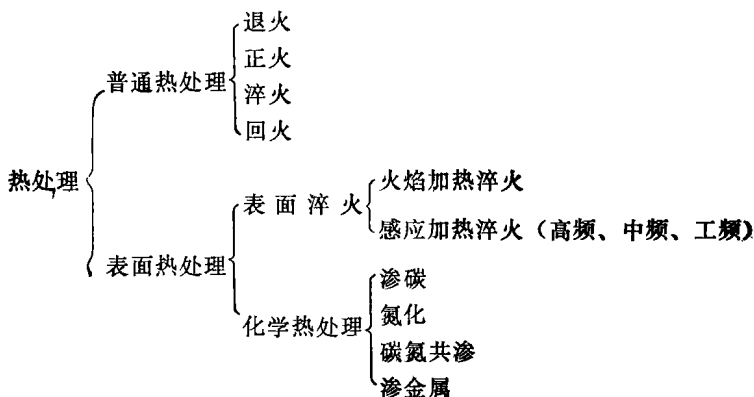
关于硬度试验的原理与各种硬度试验的方法与应用范围等，将在以后的实验教学中介绍。

（四）钢铁热处理基本知识

1. 概述 热处理就是将合金在固态范围内，通过不同的加热、保温和冷却方式，改变合金的内部组织，从而得到所需性能的一种工艺方法。

热处理和其它加工方法不同，它只改变金属材料的组织与性能，而不改变零件的形状和尺寸。例如，有的零件要求一定的强度与耐磨性，若施以良好的热处理工艺，其使用寿命可以提高几十倍，甚至上百倍，不言而喻，其经济意义是十分可观的。因此，工业生产中，许多重要的机器零件都要经过热处理才能使用，例如汽车、拖拉机，需要进行热处理的零件约占70—80%，而各种刀具、量具、模具等则占100%。如果把原材料的预先热处理也包括进去，那几乎所有的零件都需热处理。所以，热处理是强化钢材，充分发挥其潜在能力的重要工艺，是提高零件质量、延长其使用寿命的关键措施之一。

根据热处理方法的不同，其工艺可分为以下几种：



以上各种不同的热处理工序，常穿插在零件制造过程的各个热、冷加工工序中进行，以改善零件的加工性能，并确保材料最终达到零件的使用性能要求。

以下简要介绍几种常用的热处理工艺。

2. 退火与正火

（1）目的 退火与正火往往是热处理的最初工序。如对某些锻件或铸件，由于加工終了温度比较高，或者随后的不均匀冷却，得到粗大的不均匀组织，并可能产生极大的内应力，使材料机械性能变坏，同时降低了冷加工性能（切削性与冲压性等）。因此，对锻件或铸件进行退火或正火，可以改善切削加工性能、细化显微组织、消除内应力和为随后

的热处理（淬火一回火）作好组织上的准备，此种情况的工艺路线为：

铸（锻）→热处理（退火或正火）→粗加工→淬火（或化学热处理）+回火→精加工→装配

正火也常作为最终热处理，这种情况是，经过正火处理后的工件，能够满足使用性能的要求，故可不必再进行其它热处理了。

（2）退火 将工件加热（碳素钢一般加热至780—900℃）、保温后缓冷（随炉冷却），以获得所需要的组织和性能的热处理工艺，称退火（或称焖火）。

按照退火的目的和方法不同，退火工艺又可分为：完全退火、不完全退火、等温退火、球化退火、低温退火、再结晶退火和扩散退火等。

退火常在箱式电阻炉中进行。

（3）正火 正火实质上是退火的另一种形式，其作用与退火相似。与退火不同之处是加热（碳素钢一般加热至800—930℃）、保温后不随炉冷，而是在空气中冷却。由于冷却速度比退火快，因此，正火工件比退火工件的强度和硬度稍高（见表I—2），而塑性和韧性则稍低。

表 I—2 中碳钢退火与正火的比较

项 目 \ 工 艺 名 称	完 全 退 火	正 火
加热温度（℃）	820—840	850—870
保温时间（小时）	2—3	1—1.5
冷 却 方 法	炉 内	空 气 中
硬 度（HB）	≤207	≤229

低碳钢、中碳钢目前都已采用正火代替退火了。正火后的工件，由于硬度适中，故改善了切削加工性能。又由于正火冷却时不占炉子，还可使生产效率提高，成本降低。而高碳钢和部分合金钢正火后硬度偏高，难以切削加工，仍应选用退火处理。

3. 淬火 淬火的方法和目的是将工件加热（碳素钢一般加热到760—840℃）、保温后，进行快速冷却，借以获得所需要的组织，从而提高钢的强度、硬度和耐磨性，并在回火后得到高强度和一定韧性相配合的机械性能。

常用的淬火冷却介质（又称淬火剂）有水 and 油。水的冷却能力较强，一般适用于碳钢零件的淬火。若向水中溶入少量的盐，还可进一步提高其冷却能力。油也是应用较广的淬火剂，其冷却能力较低，但可避免淬火缺陷（变形与开裂），通常用于合金钢的淬火。

淬火时工件浸入淬火剂的方式等操作方法，也会影响到淬火后工件的质量，图I—3所示为工件浸入淬火剂的正确方法。

淬火加热设备常采用盐浴炉和可控气氛炉或真空炉。

有些零件使用时只要求表层坚硬耐磨，而心部却要求仍保持原有韧性，此时可采用表

面淬火。

目前工业生产中,高频感应加热表面淬火应用较广。其原理是:当导体内通以交流电时,电流沿导体截面的分布是不均匀的,靠近导体表面部分,电流密度很大,而导体心部的电流密度几乎为零,交流电频率愈高,这种现象(称集肤效应)也愈严重,如图 I—4 下图所示。

高频感应加热设备是一个大功率的电子管振荡器。通过它把 50 赫的工频电流转换为 200—300 赫的高频电流。这个高频电流在淬火感应圈内形成强大的电磁场。工件处于感应圈内的这一部分的表面层由于涡流和磁滞损耗而发热,只要几秒或几十秒,即达到淬火温度(碳素钢一般为 930°C),然后迅速喷水(或乳化液)冷却,从而使工件表层淬硬。由于此时工件心部并无涡流加热,所以淬不上火,故仍保持原材料的高韧性。图 I—4 所示为感应加热表面淬火的示意图。

加热感应圈的形状是仿工件外形轮廓设计的,间隙约 1.5—3mm 并须各处均匀。通常在淬火时,加热感应圈和淬火喷水套固定不动,工件在感应圈内旋转并向下移动,使表面淬火连续进行,如图 I—5 所示。

4. 回火 回火是将淬火后的工件重新加热到临界温度以下某一个温度,经保温后在油中或空气中冷却的一种热处理工艺。

回火的目的是减小或消除工件在淬火时所形成的内应力,降低淬火钢的脆性,使工件获得较好的强度和韧性等综合机械性能。

根据工件使用性能的不同要求,碳素钢的回火分为以下三种:

高温回火 回火温度约为 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。淬火工件经高温回火后,可以消除内应力,使工件获得具有一定强度与韧性良好配合的综合机械性能。

淬火后高温回火,又称调质处理。是工业生产中常用的热处理工艺。一般要求具有较高综合机械性能的重要结构零件,都要经过调质处理。

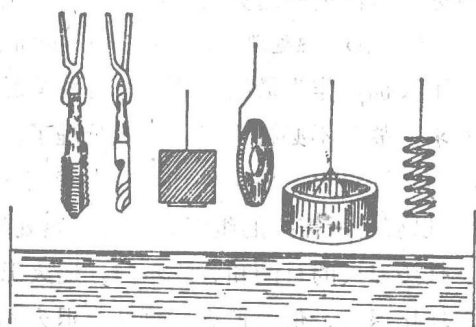


图 I—3 工件浸入淬火剂的正确方法

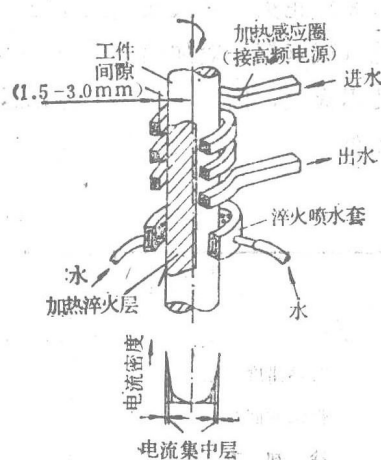


图 I—4 感应加热表面淬火示意图

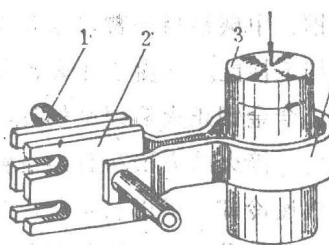


图 I—5 感应加热表面淬火工作示意图

1. 冷却水管 2. 夹持连接板 3. 工件 4. 感应器

中温回火 回火温度约为 $300\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。淬火工件经中温回火后,可消除大部分内应力,硬度下降显著,而韧性、弹性较高,一般用于处理弹簧和热锻模具等。

低温回火 回火温度约为 $180\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。低温回火可以部分消除淬火造成的内应力,适当地降低钢的脆性,提高韧性,同时工件仍保持高硬度。要求高硬度、高耐磨性的工具、量具等都须在淬火后进行低温回火。

回火常在井式回火炉中进行。

图 I—6 为钢的各种热处理的示意图。

5. 气体渗碳 气体渗碳是应用较广的一种化学热处理方法。

化学热处理就是将某些元素(碳、氮、硼、铝、铬等)渗入零件表面,改变零件的表面化学成分和组织,以提高零件表面的某些性能(硬度、耐磨性、耐热性、耐蚀性等)的工艺。

渗碳是对低碳钢或低碳合金钢进行的。低碳钢或低碳合金钢经过渗碳后,表面含碳量变为高碳钢的成分,而心部仍为低碳成分。此时,工件表面的硬度和耐磨性并不高。为了获得高硬度和高耐磨性的表面层,同时改善心部的组织与性能,渗碳后还要进行淬火和低温回火。

气体渗碳是将工件装入密封的井式气体渗碳炉内,加热至 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$,通入气体渗碳剂进行渗碳。目前常采用的方法是将煤油、酒精等液体碳氢化合物滴入渗碳炉内,使之受热后分解出活性碳原子,渗入工件表面。也可直接通入天然气或液化石油气等进行渗碳。

6. 热处理常用加热炉 热处理用加热炉的性能和用途,对于保证零件的质量是很重要的。目前我国热处理行业所用的加热炉主要是电炉。常用的电炉有:箱式电炉、井式电炉、盐浴炉以及高、中频感应电炉等。

(1) **箱式电炉** 箱式电炉按加热介质分为普通箱式炉和可控气氛炉两类;按工作温度又可分为高温、中温及低温炉。我国目前常用的型号有: RJX-15-9、RJX-30-9、RJX-45-9、RJX-60-9及RJX-75-9等。R表示电阻炉;J表示热处理加热用的;X表示箱式炉;15、30、45、60和75表示炉子的额定功率千瓦;9表示最高使用温度为 950°C (如在上述型号后加“—Q”,则表示可控气氛炉)。图 I—7 所示为普通箱式电阻炉示意图。

这类箱式炉用来进行退火、正火、回火及固体渗碳等的加热。可控气氛炉则用来进行光亮淬火和化学热处理的加热。

(2) **盐浴炉** 盐浴炉具有加热速度快、生产率高、加热均匀、被加热工件变形小,且可防止工件发生氧化、脱碳现象,便于局部加热等优点。

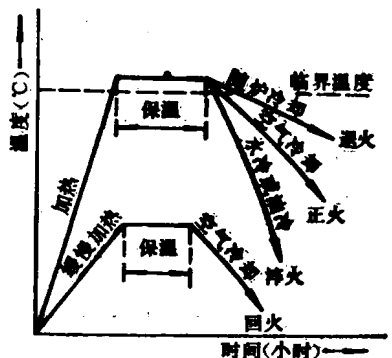


图 I—6 钢的各种热处理示意图

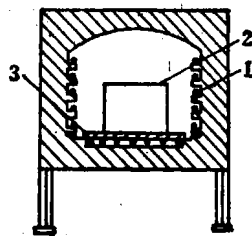


图 I—7 箱式电阻炉示意图
1. 电热元件 2. 工件 3. 炉底板

盐浴炉主要用作淬火加热,也可用作退火、正火、回火和化学热处理的加热。

盐浴炉分为外热式坩埚炉和内热式电极炉两类,生产中常采用图 I—8 所示的内热式电极盐浴炉,其型号主要有: RYD-20-13、RYD-25-8、RYD-35-13、RYD-45-13、RYD-50-6、RYD-75-13 和 RYD-100-8 等。牌号中 Y 表示盐炉, D 表示电极式。

盐浴炉常用的盐类列于表 I—3。

(3) 井式回火炉 图 I—9 所示为井式回火电阻炉构造简图,类似箱式电阻炉,不同的是炉膛呈圆井形。

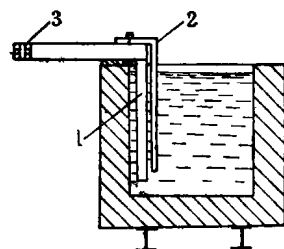


图 I—8 盐浴炉示意图

1. 电极 2. 启动电阻带
3. 电极接头

表 I—3 盐浴炉常用的盐类

盐 的 成 分	熔 点(℃)	使用温度范围(℃)
46% NaNO ₃ + 27% NaNO ₂ + 27% KNO ₃	120	140—260
55% NaNO ₃ + 45% NaNO ₂	220	330—550
55% KNO ₃ + 45% NaNO ₂	137	150—500
55% NaNO ₃ + 45% KNO ₃	218	230—550
100% NaNO ₃	317	325—600
100% KNO ₃	337	350—600
95% NaNO ₃ + 5% Na ₂ CO ₃	304	380—520
20% NaOH + 30% KOH + 6% H ₂ O	130	150—250
35% NaOH + 65% KOH	155	170—350
100% NaOH	322	350—700
100% KOH	360	400—650
60% NaOH + 40% NaCl	450	500—700
28% NaCl + 72% CaCl ₂	500	540—870
50% KCl + 50% Na ₂ CO ₃	560	580—820
35% NaCl + 65% Na ₂ CO ₃	620	650—820
50% CaCl ₂ + 50% BaCl ₂	600	650—900
22% NaCl + 78% BaCl ₂	640	675—900
44% NaCl + 56% KCl	663	700—870
100% NaCl	810	850—1100
100% BaCl ₂	960	1100—1350

我国目前使用的井式回火炉的主要型号有: RJJ-24-6、RJJ-36-6 和 RJJ-75-6 等。牌号中最后一个 J 字表示井式炉; 6 表示最高温度为 650℃。

(4) 井式气体渗碳炉 图 I—10 所示为井式气体渗碳电阻炉, 其构造与井式回火炉类似。这种炉为不使炉内气体外溢, 也不使空气进入炉膛, 保证使所有活性介质的成分和压力保持一定, 炉膛必须有良好的密封性。炉膛中央装有用耐热钢制成的马弗罐, 内置装料筐, 炉顶也装有风扇, 以加速活性介质的循环, 并使炉内气氛和温度均匀。通入液体

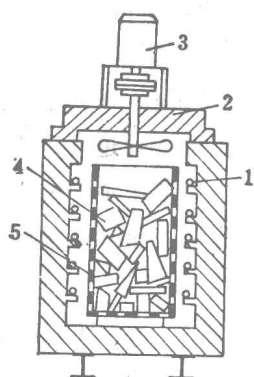


图 I—9 井式回火炉示意图

1. 电热元件 2. 炉盖 3. 风扇马达
4. 工件 5. 装料筐

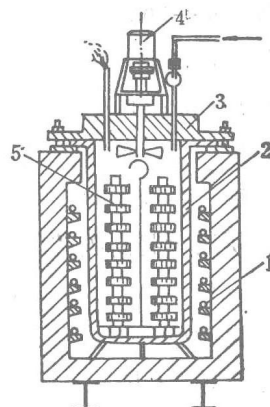


图 I—10 井式气体渗碳炉示意图

1. 电热元件 2. 马弗罐 3. 炉盖
4. 风扇马达 5. 工件

渗碳剂的铁管固定于炉盖撑架上。当液体渗碳剂沿管道自动流经控制阀流入炉膛内时，随即分解成气体，在风扇的作用下强烈地循环。废气则由炉顶的排气管排出并予点燃，以便于观察炉内的工作情况。测温用的热电偶从炉壁侧面插入炉中。

井式气体渗碳炉的主要型号有：RJJ-35-9T、RJJ-60-9T、RJJ-90-9T、RJJ-105-9T 等。T 表示渗碳炉。

这种炉除用作渗碳外，也可供氮化等化学热处理用。

(5) 高频感应电炉 我国常用的电子管式高频感应加热设备，是通过高频振荡，将

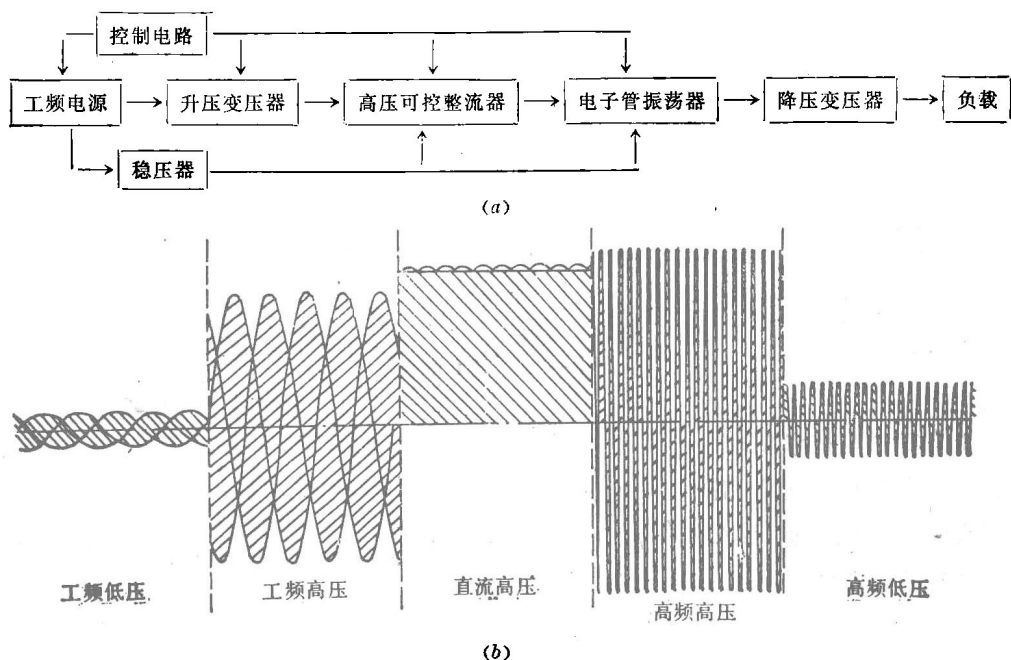


图 I—11 电子管式高频感应加热设备原理示意图