



朱学仪
主编

钢材热处理 手册

 中国质检出版社
中国标准出版社

014007103

TG162.8
01-2

钢材热处理手册

朱学仪 主编



中国质检出版社
中国标准出版社
北 京



北航

C1690340

TG162.8

01-2

图书在版编目(CIP)数据

钢材热处理手册/朱学仪编.—2版.—北京:中国标准出版社,2013.9

ISBN 978-7-5066-7212-2

I. ①钢… II. ①朱… III. ①钢—热处理—技术手册 IV. ①TG161-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 162652 号

内 容 提 要

全书共分为 16 章,分别介绍钢材热处理概述、钢锭热处理,各钢种(碳素结构钢、合金结构钢、弹簧钢、碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢、轴承钢、不锈钢、耐酸钢、耐热钢)热处理,各种钢材(轧材、锻材、冷拔材)热处理工艺,轧锻材及冷拔材在热处理过程中出现的缺陷及挽救办法,热处理可挽救的冶金缺陷,钢材热处理车间检验以及热处理设备等内容,附表还列有各种生产实际中用到的资料。

本手册是编著者多年从事钢材热处理工作期间材料积累和科研成果的结晶,并参考相关资料编写的。本书理论与工厂实际相结合,书中具有大量工艺图表,资料性很强;同时列有不少在生产、检验工作中出现的实际问题,并通过编著者的实际经验给予解决,对于钢铁、机械、建筑、石油化工等行业科研、设计、生产人员均有很好的指导作用,并可供大专院校相关专业师生参考。

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 470 千字

2013 年 9 月第二版 2013 年 9 月第三次印刷

*

定价 40.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

前 言

钢铁工业是国家基础工业,中国钢铁工业在 50 多年的历程中,奠定了钢铁大国的基础。随着科学技术的进步,我国钢铁工业不断创新,运用先进技术,必将迈向世界先进水平。

钢材热处理就是人们恰当选择制件用钢;向钢材索取所能给予的一切性能;必须抛弃传统那种只保证用钢技术条件所规定的最低性能观念。

钢材热处理已在钢铁生产中广泛应用,是钢铁生产中重要工序,直接影响钢材的质量,制件的使用性能、生产率、安全性、寿命等,决定了热处理后钢得到的实际性能;不断灵活地运用热处理制度,力求钢材获得综合的最适宜的性能。

本手册专门阐述钢厂生产各钢种(碳素结构钢、合金结构钢、弹簧钢、碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢、轴承钢、不锈钢耐酸钢、耐热钢),各种钢材(轧材、锻材、冷拔材)热处理工艺,确保热处理钢材适应机床制造、航空、汽车、拖拉机、农业机械制造、轴承、化工机械制造、大型锻件、重型机械制造、模具等行业用途。同时,专门介绍钢材热处理存在缺陷及挽救方法和钢材热处理可挽救的冶金缺陷以及热处理车间的检验和热处理设备,力求本手册趋于完善。

本手册是编者多年从事钢材热处理工作期间材料积累和科研成果的结晶,并参考相关材料和书籍编写的,同时得到北满钢厂冷拔及热处理研究室庄新美;北江钢铁厂中心试验室沈美英、殷耀安、林天光、彭秀云;韶关钢厂科学技术协会郑学培、纪柳玲;清远市科学技术协会姚碧莲、张惠娴、潘映诗;广东省钢铁工业协会冯炳文、董荔生、罗中南、崔国志、周向东等专家和同仁的支持,在此表示谢意!

本书不足之处,望读者多赐指正。

编 者

2013.07.22 于广州

目 录

第一章 钢铁基础知识	1
第一节 钢材生产知识	1
第二节 钢的分类	8
第三节 钢号表示方法	14
第四节 各类钢的牌号及其化学成分	20
第五节 国内外标准牌号对照表	52
第二章 钢材热处理概述	74
第一节 钢材热处理意义	74
第二节 钢材热处理原理	75
第三节 钢材热处理类型	94
第四节 钢材热处理分类	99
第三章 钢锭热处理	101
第一节 钢锭结晶	101
第二节 钢锭冷却	102
第三节 钢锭热处理	104
第四节 轧锻材加热制度	106
第五节 轧锻材冷却制度	108
第四章 结构钢热处理	109
第一节 概述	109
第二节 结构钢轧锻材热处理	111

第三节 结构钢成品热处理	121
第五章 弹簧钢热处理	130
第一节 概述	130
第二节 弹簧钢的退火	132
第三节 弹簧钢成品热处理	134
第六章 碳素工具钢热处理	136
第一节 概述	136
第二节 碳素工具钢轧锻材热处理	137
第三节 碳素工具钢热处理	140
第七章 合金工具钢热处理	141
第一节 概述	141
第二节 合金工具钢轧锻材供应状态的要求	141
第三节 合金工具钢轧锻材热处理	146
第四节 合金工具钢成品热处理	152
第八章 高速工具钢热处理	156
第一节 概述	156
第二节 高速工具钢相组成及其热加工	158

第三节	高速工具钢的退火和 高温回火	160
第四节	高速工具钢热处理	163
第九章	轴承钢热处理	165
第一节	概述	165
第二节	高碳铬轴承钢热处理	165
第三节	渗碳轴承钢热处理	176
第四节	高碳不锈钢轴承钢热处理	179
第十章	不耐耐酸钢热处理	184
第一节	铁素体型不耐耐酸钢	187
第二节	奥氏体型不耐耐酸钢	188
第三节	马氏体型不耐耐酸钢	189
第四节	奥氏体-铁素体型不耐耐酸钢	190
第五节	沉淀硬化型不耐耐酸钢	190
第六节	不耐耐酸钢成品热处理	190
第十一章	耐热钢热处理	195
第一节	珠光体型耐热钢	197
第二节	马氏体型耐热钢	198
第三节	铁素体型耐热钢	198
第四节	奥氏体型耐热钢	199
第五节	耐热钢成品热处理	199
第六节	耐热钢的发展	203
第十二章	冷拔材热处理	206
第一节	冷拔材坯火	206
第二节	冷拔材中间退火	208
第三节	冷拔材成品热处理	210
第十三章	轧锻材及冷拔材在热处理 中的缺陷	213
第一节	过热、过烧	213
第二节	脱碳和氧化	214
第三节	硬度	215
第四节	组织	217

第五节	石墨化	218
第六节	外形及表面	219
第七节	力学性能	219
第八节	裂纹	220
第十四章	热处理可挽救的冶金缺陷	
第一节	碳化物液析	221
第二节	带状碳化物	221
第三节	网状碳化物	222
第四节	点状偏析	224
第五节	晶粒度挽救方法	224
第六节	蔡状断口	225
第七节	力学性能	225
第八节	脱碳	226
第十五章	钢材热处理车间检验	
第一节	钢材检验概述	227
第二节	钢材取样及判定	230
第三节	钢材热处理车间检验	245
第十六章	热处理设备简介	
第一节	热处理设备一般要求	261
第二节	常用热处理炉子	261
第三节	保护气体的生产	270
附表一	钢材生产工艺流程图示意图	274
附表二	常用符号名称对照表	275
附表三	钢的各临界点及空冷组织和 硬度表	278
附表四	钢的组织分类表(正火状态)	284
附表五	退火状态钢的密度表	286
附表六	碳钢及合金钢硬度与强度换 算值	287
附表七	碳钢硬度与强度换算值	292
附表八	布氏硬度换算表	294
附表九	法定计量单位与公制计量单位换 算关系表	304
附表十	元素周期表	313
参考文献		314

第一章 钢铁基础知识

第一节 钢材生产知识

一、钢铁概念

钢铁是钢和铁的总称。钢和铁是有区别的,其区别主要是含碳量的多少,工业上按含碳量的多少将钢铁分为三大类:

纯铁:含碳量低于 0.021 8%;生铁:含碳量高于 2.0%;钢:含碳量介于纯铁和生铁之间。

通常见到的纯铁是工业纯铁,也称熟铁。其成分除碳和铁外还含有少量的其他元素。工业纯铁质地软,韧性好,电磁性能良好,常见有两种用途:一种作为深冲材料,冲压成极复杂形状;另一种作为电磁材料,有高的感磁性和低的抗磁性。

生铁,含碳量达 2.0%~4.5%的铁碳合金。生铁除铁和碳外,还含有硅、锰、硫和磷等。其性质较脆,几乎没有韧性,不能锻压变形和成形。生铁按其用途可分三类:炼钢生铁(含硅量低,又叫白口铁)、铸造生铁(含硅量高,又叫灰口铁)、特殊生铁。

碳在生铁中有两种状态:石墨和碳化铁。石墨是碳的一种形态,滑润柔软,很不坚固,分散在铁中,将铁的基体割裂,破坏了铁的坚固性,这种生铁断口呈灰色,所以称灰口铁,这种生铁适合作铸件,故又叫铸造生铁;碳化铁是白色的,又硬又脆,铁会失去可塑性,这种生铁的断口呈白色,则称白口铁。这种生铁用来炼钢,故又叫炼钢生铁。

钢,理论上规定,含碳量低于 2.11%的铁碳合金称为钢。实际上,钢的含碳量在 0.04%~1.7%,绝大部分又低于 1.4%。工业用钢除铁和碳外还含有其他元素,如硅、锰、磷、氧、氮、氢等,其中硅、锰是在冶炼钢时作为脱氧元素而加入的。一般来说,钢中含碳量越高,强度、硬度越高,而韧性越低;反之强度、硬度越低,而韧性越高。钢的分类方法有许多种,将在第二节专门介绍。

二、钢的生产工艺

1. 炼钢方法

炼钢,就是利用不同来源的氧(空气,氧气)来氧化炉料(生铁,废钢)所含的碳、硅、锰、磷等。炼钢基本是氧化的过程。这些元素氧化以后,有的在高温下与熔剂(主要是石灰石)起反应,形成炉渣;有的变成气体跑掉。留下的是钢水。

炼出的钢水,由于在炼钢(氧化)过程中吸收了过量的氧,如不除掉,会降低钢的力学性能。因此,在炼钢最后阶段的操作中,还要用锰铁、硅铁或铝进行脱氧。这样,达到要求的化

学成分和温度的钢水,用钢锭模铸成钢锭,或用连续铸钢机铸成钢坯。

炼钢方法有许多方法,这里仅介绍经常使用的几种方法:

(1) 氧气顶吹转炉炼钢

转炉炼钢(底吹转炉、侧吹转炉、氧气顶吹转炉等)是利用氧与铁水中的元素碳、硅、锰、磷反应放出的热量,来进行冶炼的,不用从外部进行加热。

氧气转炉目前主要有两种形式:一种是炼钢时从上部吹氧,炉子保持不动,但在装料和出钢时可以前后转动,称氧气顶吹转炉;另一种是炼钢时从斜线方向吹氧,炉子倾斜旋转,称氧气斜吹转炉。它能处理含磷较高的生铁,炼制比较高级的钢。

氧气顶吹转炉的形状如圆筒(图 1-1),外部是用钢板制成的炉壳,里面砌有耐火砖(主要有焦油白云石、镁质砖、含镁较高的白云石砖)。炼钢的原材料主要是铁水、废钢和造渣剂(石灰、萤石等)。

冶炼时,用一支水冷喷枪将压力 $8.106 \times 10^5 \sim 12.159 \times 10^5$ Pa (8~12 大气压),纯度 99.0% 以上的氧气通过炉口喷入炉内。氧气将铁水中的硅、锰、碳、磷等迅速氧化到一定范围,并发出大量的热量,使加入的废钢(10%~20%)熔化和使钢水提高到规定的温度,杂质氧化物与造渣剂生成炉渣,去除炉渣,得到钢水。

(2) 电弧炉炼钢

电弧炉炼钢是利用电能作热源来进行冶炼的,就是用电极和炉料之间放电产生电弧所发出的热能进行炼钢的(图 1-2),用供电控制炉温,造成氧化或还原性气氛,有目的地调节钢液成分达到改善钢质量要求。

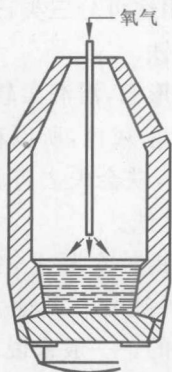


图 1-1 氧气顶吹转炉示意图

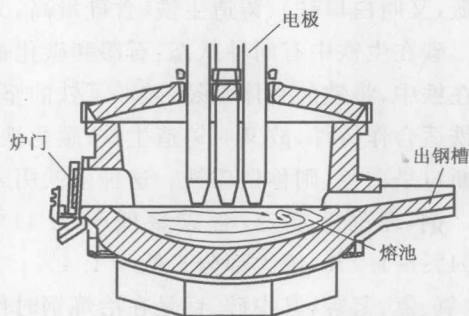


图 1-2 电弧炉示意图

电弧炉炼钢法有酸性和碱性之别。酸性炉衬用酸性耐火材料,采用酸性炉渣冶炼,不能去除硫、磷;碱性电弧炉,炉衬为碱性耐火材料砌筑。采用碱性渣冶炼,可以去除硫、磷等杂物。

电弧炉可全部用废钢,也可用废钢和生铁,可以冷装或部分热装。

(3) 感应电炉炼钢法

感应电炉炼钢,其所需热能,是利用高频电流通过原边线圈产生的交流磁场,交流磁场在炉边线圈(即炉料)形成感应电流,依靠炉料本身的电阻,按照焦耳—楞次定律将电能转换成热能,用以熔炼金属。

感应电炉炼钢不用电极,可以熔炼含碳很低的钢种;炉内又没有弧光,钢液里气体含量



少;原边线圈的磁力线对钢液有搅拌作用,使钢液化学成分均匀;加速钢渣界面的反应,非金属夹杂上浮;合金元素损失少;电效率高;操作简单;炉温可准确控制。

感应炉所用原材料要求严格,钢铁料不能有锈和大量非金属杂质,硫、磷及有害金属元素含量要低。熔化后在足够的温度时才能扒渣或造新渣。应该指出:炉衬是碱性材料捣筑的,可以造碱性渣,排除钢液中硫、磷等杂质。

(4) 电渣炉炼钢法

电渣重熔是一种钢液的精炼与注锭同时在水冷模中进行的冶金技术。其原理是采用化学成分与所要求生产的钢一样的钢为自耗电极,自耗电极可用铸造、锻轧方法制成。冶炼原理如图 1-3 所示,当电流在自耗电极与熔渣之间通过时,利用熔渣中的电阻,将电能转化为热能,不断地把熔渣温度提高,当熔渣温度高于钢电极的熔点时,电极端部的钢便逐步形成钢的熔滴,熔滴形成后不断地坠入熔渣中,并经熔池最后聚集在水冷底板上并逐渐凝固,随着钢熔滴不断地在底板上聚集、凝固,熔池液面不断地上升。当熔渣液面与模壁接触时,便在模壁上形成连续的渣壳。自耗电极形成钢熔滴在底板上凝固成的锭达到要求时,脱锭时,渣壳因冷却收缩会破裂成小块而自动脱落,锭子的表面是光滑的。

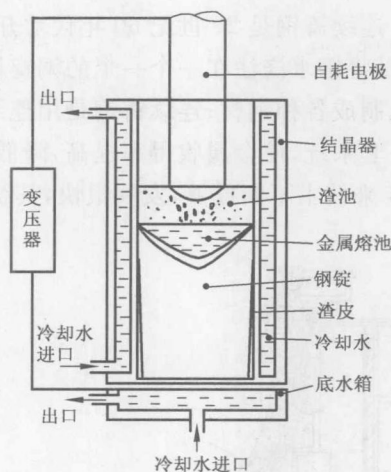


图 1-3 电渣炉冶炼原理示意图

电渣重熔炼钢法是通过采用合适成分的熔渣(熔渣成分为 CaF_2 、 Al_2O_3 及少许 CaO),使钢中非金属夹杂物通过熔池上浮渣中,也可以阻止那种元素在钢中保留下来的一种精炼方法。电渣重熔的主要设备:电源—变压器、水冷模、自耗电极把持器及其运动的控制设备。

(5) 钢包吹氩精炼法

钢水在钢包中吹氩精炼,是一项新工艺,投资少、操作简单,效果显著,广泛在钢铁上应用。

钢包吹氩不但可以缩短锭冶炼时间,而且明显地提高钢质量。采用大压力吹氩,对脱硫、脱气、成分均匀和排除夹杂物均有较好效果。经吹氩处理的硅钢,电磁性能方面超过用真空浇注处理的硅钢。

吹氩精炼的钢种:不锈钢、轴承钢、高锰钢、硅钢及合金结构钢。近年来,连铸不断发展,连铸的钢水要求质量高,尤其用次废钢,往往采用钢包吹氩改善钢水质量,实现连铸。

(6) 钢包精炼炉

钢包精炼法,即把其他炉子熔化的钢液注入一个特殊设计的钢包中进行精炼。

钢包精炼包括,在电磁搅拌作用下进行真空除气和电弧加热,在除气和加热过程中,依据熔炼的要求,可进行造渣、脱碳、脱硫、添加合金元素和终脱氧。

钢包精炼分两步:

第一步:炉料熔化、氧化。可在电弧炉、转炉内进行,对冶炼过程无严格要求,充分发挥

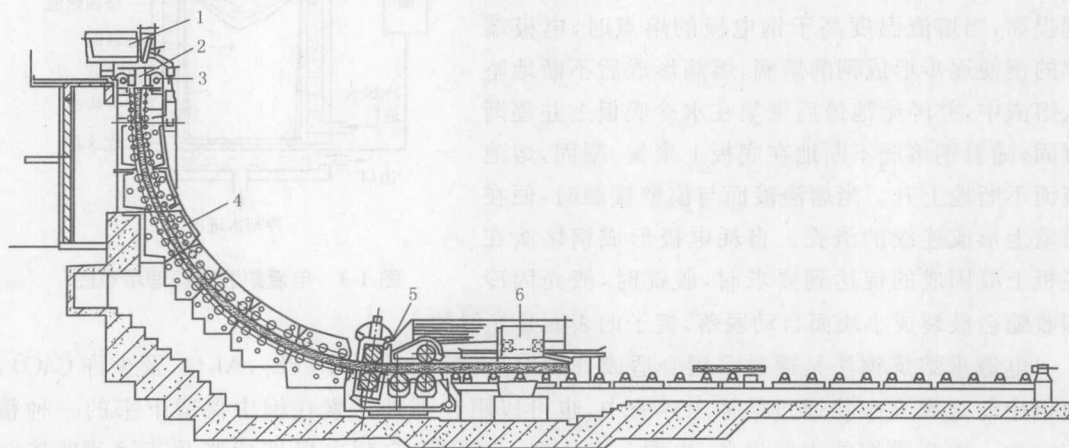
设备能力。

第二步:钢包内精炼。钢包在电磁搅拌的作用下,钢液进行加热、除气、脱碳、脱硫、合金化、调整成分及温度,炼出高质量优质钢。

钢包精炼炉主要设备:钢包、钢包车;感应搅拌器和低频电源;带电极的钢包加热盖和电源;真空盖和抽气系统;电控设备及其他辅助设备。

2. 连续铸钢

连续铸钢是 20 世纪 60 年代才开始大规模用于钢铁生产的一项新技术。普通的铸锭方法,是将钢水浇注在一个一个的钢锭模内铸成钢锭,经过脱模、加热、初轧机轧成钢坯、然后再轧制成各种钢材;连续铸钢是用连续铸钢机将钢水连续铸成钢坯,省掉了钢锭模及初轧机这一套系统,使金属收得率提高,降低吨钢成本费用,更节省基建费用和生产费用。所以近 20 年来技术不断成熟,发展很快,其结构如图 1-4。



1—中间罐;2—结晶器;3—振动机构;4—二次冷却区;5—拉矫机;6—切割车

图 1-4 弧形连续铸机示意图

连续铸钢机的型式主要有立式、立弯式、水平式、弧形和椭圆形。现场使用最普遍的仍是弧形连续铸钢机。

3. 轧钢

炼钢炉冶炼成钢水,浇注成钢锭或连铸坯。钢锭或连铸坯要轧成钢材才能使用。因此,轧钢生产是钢铁生产系统中的重要一环。

(1) 轧制

轧钢就是把钢锭或钢坯送入两个反向旋转的轧辊中碾压(见图 1-5)。采用具有不同孔型的轧辊,可得到所需的各种形状的钢材。

热轧和冷轧:钢锭或钢坯在常温下很硬,不易加工,一般加热到再结晶温度以上进行轧制。这种轧制称热轧。大部分钢材是采用热轧轧成的。但在高温下钢材表面产生许多氧化铁皮,使热轧材表面粗糙,尺寸波动大。对于

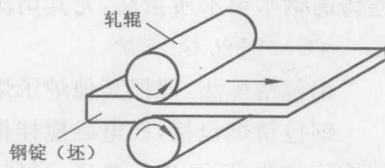


图 1-5 轧制示意图



要求表面光洁、尺寸精确、力学性能好的钢材,则采用冷轧。冷轧是将钢锭或钢坯热轧到一定尺寸后,在冷状态(再结晶温度以下)下进行轧制。

初轧:轧制钢材的原料是钢锭。钢锭一般都很大,几吨到几十吨,必须先要进行初轧,轧成适合各种规格的半成品(方坯、扁坯、板坯等),然后再送去轧成钢材。

粗轧和精轧:钢坯轧制成钢材时,常分粗轧和精轧两步进行。粗轧阶段采用大的压下量,以减少轧制道次,提高产量。后以小的压下量进行精轧,以达到良好的表面和精确的尺寸。

(2) 轧钢机

轧制钢材的设备称为轧钢机。轧机由轧辊及支承轧辊的机架等部件组成。如图 1-6 所示。

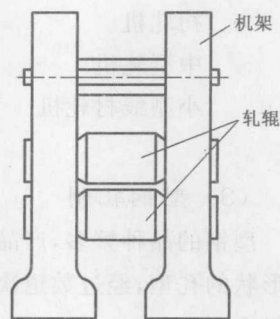


图 1-6 轧钢机主要部件示意图

为了轧制种类繁多的钢材,需要采用各种不同型式的轧制。

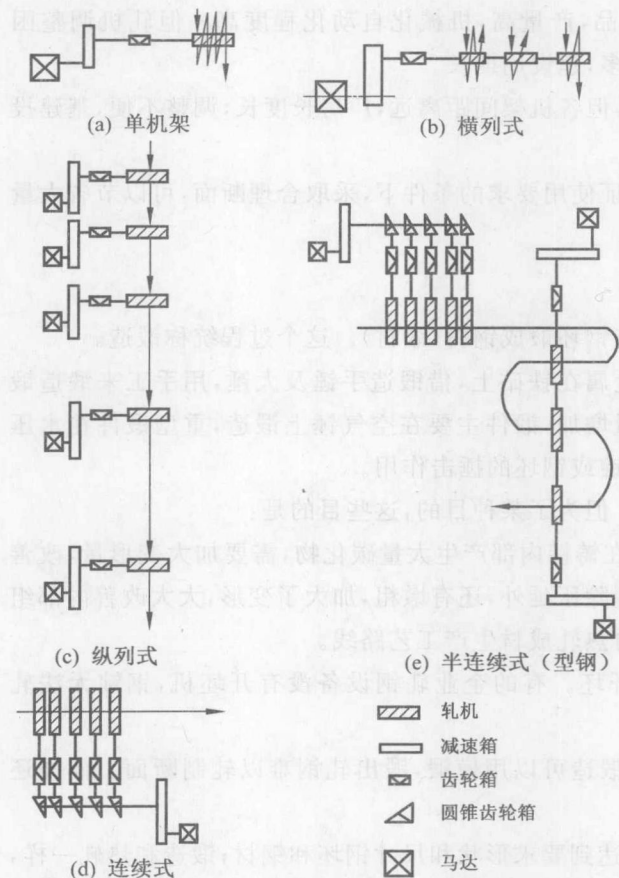


图 1-7 轧机排列方式示意图

按轧机用途分:

初轧机:将钢锭轧成半成品。即方坯、扁坯。

型钢轧机:轧制型钢。

钢板轧机:轧制钢板。

按轧机排列分:轧机排列方式示意图详见图 1-7。

单机架轧机:轧件仅在一个机架中完成轧制。

横列式轧机:数个机架横列,由一电机驱动,轧件依次在各机架轧制数道或一道。

纵列式轧机:数个机架顺序排列,轧件依次在各机架中轧制一道。

连续式轧机:数个机架顺序排列,轧件同时在几个机架中轧制。

半连续式轧机:通常是横列式(或纵列式)和连续式的组合。

按轧辊排列分:

水平式轧机:轧辊水平放置的轧机。

立式轧机:轧辊垂直放置的轧机。

万能轧机:在机座中既布置有水平辊又有立辊。

斜辊轧机:轧辊倾斜放置的轧机。

按轧辊直径分:

轧机	轧辊直径
初轧机	750 mm 以上
中型轧机	350~650 mm
小型线材轧机	350 mm 以下
	250~300 mm

(3) 型钢轧制

型钢的品种繁多,产品形状复杂。从简单断面的钢坯轧成复杂断面的钢材,需要通过不同形状的孔型,经过数道次甚至数 10 道次的轧制,使其逐渐变形。这些孔型分配在若干台轧机上。

中小型钢材,可采用横列式、纵列式、半连续式和连续式轧制。

线材和简单断面钢材可采用横列式、半连续式、连续式轧制。

横列式轧机适合轧制复杂形状产品,基建投资少,投入生产快,但产量低,一般劳动强度大。

连续式轧机适合轧制简单断面的产品,产量高,机械化自动化程度高。但轧机调整困难,难以轧制形状复杂的产品,基建投资多,建设周期长。

纵列式轧机能生产形状复杂的产品,但各机架间距离远,厂房长度长,调整不便,基建投资大,建设周期长。

型钢在轧材中占有相当比重。在保证使用要求的条件下,采取合理断面,可以节省大量金属,一般选用圆钢。

4. 锻造

用锻锤或水压机将钢锭锻成钢坯;将钢坯锻成钢材(锻材)。这个过程统称锻造。

锻造是古老金属加工工艺:加热的金属在铁砧上,借锻造手锤及大锤,用手工来锻造锻件。由于空气锤和水压机出现,锻件产量增加,锻件主要在空气锤上锻造,重型锻件在水压机上进行锻造。不同之处在于对被锻钢锭或钢坯的捶击作用。

锻造生产率低,大生产中很少选用。但为了某种目的,这些目的是:

(1) 改善钢的内部组织。许多钢种在铸锭内部产生大量碳化物,需要加大变形量,改善钢中碳化物级别。轧钢只有轧延,而锻造除压延外,还有墩粗,加大了变形,大大改善内部组织。所以有些钢种仍然选用锻造开坯,再热轧成材生产工艺路线。

(2) 轧钢无轧钢开坯机,利用锻造开坯。有的企业轧钢设备没有开坯机,钢锭无法轧制,只好用锻造开成钢坯再轧制。

(3) 轧钢难以轧制断面或数量少。锻造可以用模锻,锻出轧钢难以轧制断面。同样还有要求数量少,选用轧制不经济。

锻造与轧制一样,都使钢产生变形,达到要求形状和尺寸钢坯和钢材;锻造和热轧一样,都是将钢加热到再结晶温度以上,在热状态下使钢变形,达到要求形状和尺寸钢坯或钢材。锻造和热轧不同是:

① 选择加热炉不同,锻造多选用室状加热炉,轧钢选连续三段加热炉。

② 生产方式不同,热轧是连续的;锻造是单个的。

5. 冷拔

将热轧材经过多次冷拉,达到表面光滑、力学性能良好、尺寸稳定的钢材,这个过程称为冷拔。钢丝生产严格说,同属冷拔。

冷拔材的生产过程如下:

钢材→锻尖→酸洗去锈→坯火→冷拉→中间坯火→冷拉→光亮退火。

钢材冷拔在冷拔机上进行。先把钢材一端搞出一个尖来(锻尖),然后穿过冷拔机模孔,被钳住后就从这个模孔中拉过去,成了比原来更细更长的钢材。

钢材在冷拔前,还必须把锈去掉使冷拔材有光洁表面。去掉锈的方法主要是酸洗法,即用酸浸洗去锈。

为了使钢材变软变韧,利于冷拉,在冷拉前需作钢材热处理。首次钢材热处理称为坯火;冷拔过程(两次冷拉之间)热处理称为中间坯火;最后一次热处理,为防止氧化脱碳,保持光亮的表面,通常在保护气体中热处理,称为光亮退火。

为进一步了解,图 1-8 给出了钢材生产流程方块示意图。

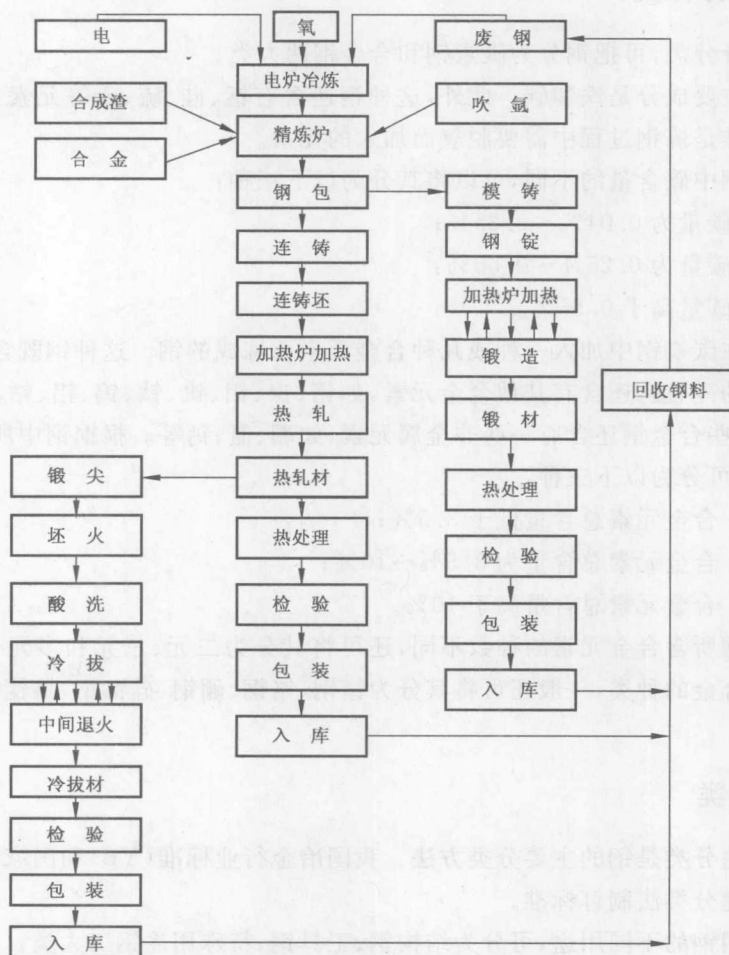


图 1-8 钢材生产流程方块示意图

第二节 钢的分类

钢的分类方法很多,通常按其化学成分、用途、冶炼方法和金相组织等分类。无论采用哪种分类方法,都必须坚持“科学、实用”的原则,从实际需要出发选择一种合理的分类方法。通常,为了科研的需要,多按化学成分分类;为了使用方便。多按用途分类;为了便于管理,多按冶炼方法分类;为了检验工作的需要,多按金相组织分类。由于分类方法不同,同一钢号可以划分为不同的类别。例如, GCr15 号钢,按化学成分分类,因以铬为主要合金元素,可以划分为铬钢;按用途分类,因主要用来制造轴承,可以划分为高碳铬轴承钢;按冶炼方法分类,该钢种可分为:用转炉冶炼的称为转炉钢,用电炉冶炼的称为电炉钢,用平炉冶炼的称为平炉钢;按金相组织分类,该钢种正火处理后的显微组织是珠光体,可以划分为珠光体钢。由于该钢种退火后的显微组织为粒状珠光体,有过剩碳化物,所以又可划分为过共析钢。

一、按化学成分分类

按化学成分分类,可把钢分为碳素钢和合金钢两大类。

碳素钢的主要成分是铁和碳。此外,这种钢还含有锰、硅、硫、磷等元素。其中硫、磷是有害杂质;锰、硅是炼钢过程中需要脱氧而加入的元素。

根据碳素钢中碳含量的不同,可以将其分为以下三种:

低碳钢:含碳量为 $0.04\% \sim 0.25\%$;

中碳钢:含碳量为 $0.25\% \sim 0.55\%$;

高碳钢:含碳量高于 0.55% 。

合金钢是在碳素钢中加入一种或几种合金元素而炼成的钢。这种钢既含有作为合金元素或脱氧元素的硅、锰,还含有其他合金元素,如铬、镍、钼、钒、钛、钨、铝、钴、铌、锆、稀土金属等。此外,某些合金钢还含有一些非金属元素,如硼、氮、钙等。根据钢中所含合金元素总量的多少,大致可分为以下三种:

低合金钢 合金元素总含量低于 3.5% ;

中合金钢 合金元素总含量为 $3.5\% \sim 10\%$;

高合金钢 合金元素总含量高于 10% 。

根据合金钢所含合金元素的种数不同,还可将其分为二元、三元和多元合金钢。此外,根据钢中所含合金的种类,一般还可将其分为锰钢、铬钢、硼钢、硅锰钢、铬锰钼钢、铬钼钒钢等。

二、按用途分类

按钢的用途分类是钢的主要分类方法。我国冶金行业标准(YB)和国家标准(GB)一般都是按钢的用途分类法制订标准。

根据工业用钢的不同用途,可分为结构钢、工具钢、特殊用途钢三大类。

结构钢主要用于厂房、桥梁、船舶、车辆、锅炉等建筑结构和机械零部件。根据其具体用途的不同,可细分为碳素结构钢、低合金结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢等。



工具钢一般用以制造刀具、量具、模具及其他工具。工具钢包括碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢三种。其中合金工具钢又常分为量具刃具用钢、耐冲击工具用钢、冷作模具用钢、热作模具钢、无磁模具钢和塑料模具钢等几种。

特殊用途钢一般具有某种特殊性质。如不锈钢在空气中能够抗腐蚀,耐酸钢在某些化学浸蚀介质中能够抗酸蚀,耐热钢在高温下抗氧化性能好,并具有一定的抗蠕变、抗破断能力,硅钢具有良好的电磁性能,专门用于电器制造工业。

此外,还有弹簧钢和高碳铬轴承钢。就弹簧钢的含碳量来说,一般应将其划分为结构钢。但是,由于其热处理工艺独特,通常将其划分为特殊用途钢。高碳铬轴承钢就其化学成分来说,属于工具钢。但从用途来看,由于专门用来制造轴承,也应属于特殊用途钢。下面,将各种钢做一简单介绍。

1. 碳素结构钢和优质碳素结构钢

碳素结构钢和优质碳素结构钢品种有圆钢、角钢、扁钢、工字钢、槽钢等几种。由于这两种钢产量高、价格低,广泛用来作为各种建筑材料和机械结构材料,以及制造机械零件。

(1) 碳素结构钢。为了有利于提高产品质量,促进钢厂改进工艺和加强管理,对硫、磷含量的严格限制。在屈服点、断后伸长率等指标方面分组细、要求严,对B级的钢必须进行冲击试验。

(2) 优质碳素结构钢。这种钢与一般碳素结构钢不同,必须同时保证其化学成分和力学性能,硫、磷和非金属夹杂物的含量较少,纯净度和均匀度较高,表面质量和塑性较好,且具有较高的冲击吸收功。这类钢一般用平炉或电炉冶炼,除了很少几个钢号是沸腾钢外,其余都是镇静钢。

根据优质碳素钢化学成分的不同,可将其分为普通含锰量和较高含锰量两类。这种钢的产量较高,价格较低,用途广泛,通常用于机械产品的各种大小结构部件,也用来制造工具、弹簧等。

2. 低合金结构钢和合金结构钢

这两种钢主要用来制造能承受较大载荷的机器零件。因此,要求它们具有较高的综合力学性能。但是,并不要求它们的某一特性值达到较高值。这两种钢除了应具有高强度之外,还应具备高塑性和冲击吸收功,以便能抵抗冲击作用。

(1) 低合金结构钢。低合金结构钢是结合我国所富有的矿产资源而发展起来的一个钢种,通常在碳素结构钢中加入少量(总量一般不超过3%)我国富有的合金元素(如硅、钒、铌、硼、锰、铜、稀土等),以使其具有较高的强度、塑性、焊接性能、耐蚀性能、冲击吸收功和弯曲性能,较低的冷脆倾向性,较小的缺口和时效敏感性等。

根据低合金结构钢的特点和用途,可以将其大致分为耐腐蚀钢、低温用钢、耐磨钢、钢筋钢、钢轨钢和其他专用钢等。使用这种钢取代碳素结构钢,可以大大节省钢材。目前,这种低合金结构钢广泛用于国民经济的各个部门。

(2) 合金结构钢。合金结构钢是机械制造工业用的一个重要钢种,通常在优质碳素结构钢中适当加入一种或数种合金元素(总量不大),以使其具有较高的强度、淬透性和冲击吸收功。这种钢可用来制造较重要的或较大截面的机械零件。与优质碳素结构钢相比,合

金结构钢淬火时可使用冷却能力较弱的淬火介质。回火后,其整个截面上仍然具有均匀的金相组织。这样,既可防止严重变形,又可防止淬火时产生裂纹。在零件制造上,这种钢具有较大的实际使用价值。

根据合金结构钢的含碳量、热处理工艺和用途的不同,这种钢一般可分为渗碳钢、调质钢和氮化钢三种。渗碳合金结构钢含碳量较低(一般在 $0.15\% \sim 0.25\%$ 之间,可提高到 0.30%),经过渗碳或氮化等化学处理及淬火回火以后,表层硬度高(50 HRC 以上)。而其心部由于含碳量较低,仍保持较高的冲击吸收功。这样,就可既耐磨又能承受交变或冲击负荷。调质钢多为中碳钢,经过淬火和高温回火(调质处理),具有较好的综合性能。氮化钢是含铝的中碳合金结构钢,其热处理特点介于渗碳钢与调质钢之间,经过化学热处理-氮化处理和调质处理,具有很高的表面硬度,其心部也有较好的综合性能。

3. 弹簧钢

弹簧钢主要用以制造各种机器和仪表的弹簧,它具有减缓机构上的振动和冲击力的作用。为了使弹簧能承受更高的负荷并延长其使用寿命,要求弹簧钢具有较高的屈服点和疲劳强度,以及具有与此有关的诸如高纯净度、良好表面等。

弹簧钢有碳素弹簧钢和合金弹簧钢两种。碳素弹簧钢(如 65 、 70 、 75 、 85 等钢)含碳量一般为 $0.62\% \sim 0.90\%$ 。通常,用碳素弹簧钢制作的弹簧多在冷加工状态下使用。

合金弹簧钢含碳量较低,一般为 $0.46\% \sim 0.70\%$ (唯有 $30\text{W}4\text{Cr}2\text{VA}$ 例外,其含碳量为 $0.26\% \sim 0.34\%$)。由于在这种钢中加入合金元素,不仅增加了淬透性,而且还显著提高了屈服点、疲劳强度和屈强比(σ_s/σ_b)。例如,在这种钢中加入硅、锰、铬、钼、钨等元素,可使其屈强比趋近于 1 。通常,含前三种元素的弹簧钢,用以制造较重要的弹簧;含后三种元素的弹簧钢,用以制造特别重要的或者在较高温度下工作的弹簧。

4. 高碳铬轴承钢

高碳铬轴承钢主要用来制造各种轴承内外套圈和滚动体。由于轴承的受力条件比较复杂,承受高度集中的反复交变负荷和摩擦,因此,要求轴承钢具有较好的淬透性,高而均匀的硬度,较高的疲劳强度和较好的耐蚀性能。为此,在冶金质量上,要求这种钢的成分、宏观组织和显微组织都有较高的均匀度。此外,对这种钢中的非金属夹杂物、脱碳层深度、网状碳化物、带状碳化物、碳化物液析等均有严格的限制。

工业上大量应用的轴承钢为高碳铬轴承钢(如 $\text{GCr}4$ 、 $\text{GCr}15$)和高碳铬锰硅轴承钢(如 $\text{GCr}15\text{SiMn}$),这两种钢均属于过共析珠光体钢。

5. 碳素工具钢

碳素工具钢是基本上不含合金元素的高碳钢(如 $\text{T}7$ 、 $\text{T}8$ 、 $\text{T}10$ 、 $\text{T}12$ 等),其含碳量一般为 $0.65\% \sim 1.35\%$ 。这种钢经过热处理(淬火及低温回火),具有较高的硬度和较好的耐磨性。由于这种钢的成本较低,应用较广。但是,由于碳素工具钢的淬透性差,需要在水中甚至在盐水中淬火,因而容易产生淬火裂纹和变形,不宜用来制造较大的工具。与合金工具用钢和高速工具钢相比,碳素工具钢的热硬性较差。当工作温度高于 250°C 时,这种钢的硬度急剧下降。所以,碳素工具钢只限于制造切削速度小、刃部受热程度较低的小截面工具、刀具,用以切削强度和硬度均不太高的材料。



6. 合金工具钢

合金工具钢(GB/T 1299—2000)总共有 37 个钢号,按其用途可分为量具刀具用钢、耐冲击工具用钢、冷作模具钢、热作模具钢、无磁模具钢和塑料模具钢。但是,在用途上不能截然分开。例如,冷作模具钢 CrWMn 就经常用来制作量具刀具。

量具刀具用钢通常有 6 个钢号,即 9SiCr、8MnSi、Cr06、Cr2、9Cr2 和 W,其碳含量为 0.75%~1.45%,铬含量为 0.50%~1.70%,钨含量小于或等于 1.2%,硅含量小于 2%。根据其用途的不同,这类钢可分为合金刀具用钢和合金量具用钢两种。合金刀具用钢中的合金元素可以提高过冷奥氏体的稳定性,增强淬透性。此时,由于部分合金元素形成了合金碳化物,即使在作用缓慢的冷却介质(例如油)中淬火,仍可提高钢的硬度,并可降低刀具的开裂和变形程度。由于合金刀具用钢比碳素工具钢具有更好的力学性能。所以这种钢广泛用来制造刀具。例如,用以制造插刀、绞刀、铣刀、刨刀、拉刀、板牙和丝锥等。

由于要求量具具有硬度高、耐磨性好、冲击吸收功大和尺寸稳定等性能,因此,热处理合金量具用钢时,除了进行淬火,回火,使其硬度达到 60 HRC 以上之外,还要进行冷处理,以使其尺寸稳定。

冷作模具钢是在冷状态下使金属变形而制得的一种模具钢。它应具有硬度高、冲击吸收功大、耐磨性好、热处理的变形量小等性能。这种钢含碳量为 0.9%~1.2%,钢号有 CrWMn、9Mn2V、Cr12、Cr12MoV、Cr12Mo1V1、Cr4W2MoV 等 11 个。热处理后,其硬度达 58~62 HRC。一些要求耐磨性特别高、淬火后变形极微小的高质量冷冲模,可采用 Cr12、Cr12MoV 钢来制造。

热作模具钢是在热状态下使金属变形而制得的一种模具钢。这种钢应具有高力学性能,尤其在高温下应保持高强度、高冲击吸收功和足够的耐磨性。此外,还应具有高淬透性、良好的导热性和耐热疲劳性。热作模具钢一般为中碳(0.3%~0.85%)合金钢,如 5CrMnMo、5CrNiMo、8Cr3、3Cr2W8V 等 12 个钢号。

使用耐冲击模具钢制造的模具一般在冲击负荷下工作。为了避免模具工作时出现崩毁和断裂现象,这种钢除应具有良好的淬透性和耐磨性之外,还应具有较高的冲击吸收功。

7. 高速工具钢

高速工具钢以适应高速切削而得名。这是一种含铬 4%左右和其他多种合金元素的高合金钢。含钨、铬等元素较多的高速工具钢具有较高的淬透性和热硬性。用这种钢制作的刀具,经过热处理,在切削温度为 600℃左右仍能保持良好的切削性能。热硬性试验结果表明,热处理后的高速工具钢在 600℃下加热 1 h 后空冷,连续 4 次处理后其硬度仍然达到 62~63 HRC。而用一般碳素工具钢和合金工具钢制造的刀具,在切削温度达到 200~300℃时,其硬度就开始显著降低。所以,高速工具钢被广泛用来制造在恶劣条件下使用的重要工具或高速切削工具。

就高速工具钢的金相组织来说,这种钢属于莱氏体钢,一般含有大量的合金碳化物。目前,我国工业上应用最广的是 W18Cr4V 钢。为了节约钨,开展了代用钢的研究,并取得了成功。

8. 不锈钢耐酸钢

根据不锈钢耐酸钢在工业上的主要用途,可将其分为不锈钢和耐酸钢两种。前者是指