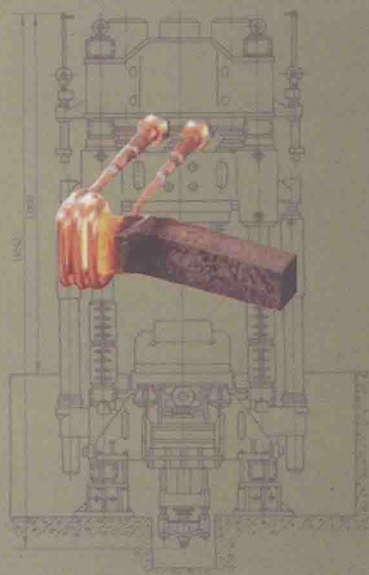


全国高职高专机电专业系列规划教材

金属热加工技术

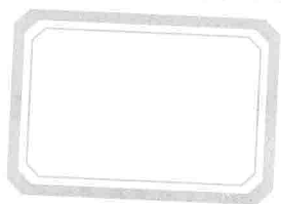
○ 主编 蒋清亮

JINSHU
REJIAGONG JISHU



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

全国高



系列规划教材

金属热加工技术

主 编 蒋清亮
参 编 李钧瑞 范允昕
主 审 殷 钺



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 提 要

本书是职业技术学院机械制造类专业的技术基础课教材。本书是根据高职高专机械类职业教育的专业教学要求,并结合金属热加工教学与实训的特点而编写的。本书的主要读者对象为一般高职高专的机械制造类专业、材料成形与控制等专业的学生。

本书主要介绍金属最常用的热加工成形原理和基本方法。内容包括钢铁材料的生产、金属热加工原理及其成形方法。全书共分4章:第1章为钢铁的生产与钢材的质量,主要介绍钢铁材料的冶炼、铸锭、轧制、钢材的质量和缺陷以及钢材的分类和应用等;第2章、第3章和第4章分别介绍铸造、锻压和焊接。

本书可作为高职高专院校金属工艺学热加工部分授课教材,也可作为热工实习或实训工学结合的同时配套教材,还可供各类成人高校和中等职业学校选用和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属热加工技术/蒋清亮主编.--北京:北京邮电大学出版社,2012.9

ISBN 978-7-5635-3183-7

I. ①金… II. ①蒋… III. ①热加工—高等职业教育—教材 IV. ①TG306

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 189455 号

书 名: 金属热加工技术

主 编: 蒋清亮

责任编辑: 满志文

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编: 100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12.25

字 数: 303 千字

版 次: 2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-3183-7

定 价: 28.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

本书是根据高职高专机械类职业教育的专业教学要求和专业教学计划,并结合金属热加工教学与实训的特点而编写的。本书可作为高职高专院校金属工艺学热加工部分授课教材。

本书主要介绍钢铁材料的生产、金属热加工原理及常用的成形方法。全书共分4章:第1章为钢铁的生产与钢材的质量,主要介绍钢铁材料的冶炼、铸锭、轧制、钢材的质量和缺陷以及钢材的分类和应用等。第2章、第3章和第4章分别介绍了铸造、锻压和焊接等金属材料最常用的加工原理和成形方法。本教材在内容上进行了较大力度的改革,重点突出材料成形的理论基础和工艺特点,精选铸造、塑性成形、焊接等传统的工艺方法,强化综合分析和应用,并较大幅度地引入了现代材料成形新技术和新工艺,并对机械产品的质量检验和质量控制做了一定的阐述。本书充分考虑到了目前高职高专院校教学改革的方向和学生的知识特点,紧密联系生产实际,尽量结合生产实例进行叙述,以提高学生的工程素质和实际技能。

本书力图贯彻简明、易懂,实用及方便自学的原则,语言上力求由浅入深,深广适中,便于教学。为了使学生会对所学知识进行归纳总结,训练学生分析问题和解决问题的能力,各章均安排了一定量的复习思考题,并在书末提供了进一步学习的参考文献。

本书由蒋清亮任主编,具体分工如下:范允昕编写第1章钢铁的生产与钢材的质量,李钧瑞编写第2章铸造,蒋清亮编写绪论、第3章锻压、第4章焊接。本书由西安理工大学高等技术学院殷铖副教授担任主审。本书在编写过程中得到了西安理工大学高等技术学院机电系、机械基础教研室及工程材料及材料成形与控制实验室等部门的大力支持,西安理工大学高等技术学院工程材料实验室为本书提供了部分金相照片,在此一并表示感谢。作者在本书的编写过程中参考和引用了一些单位及作者的资料和图片,谨致衷心的感谢。

由于编者的水平有限,不足和疏漏之处在所难免,恳请读者批评和指正。

编 者

2012年5月8日

目 录

绪论	1
第 1 章 钢铁的生产与钢材的质量	2
1.1 钢铁的冶炼	3
1.1.1 铁的冶炼	3
1.1.2 钢的冶炼	3
1.2 钢的铸锭	6
1.2.1 铸锭方法	6
1.2.2 铸锭组织	7
1.3 钢材的生产及分类	8
1.3.1 钢的压力加工	8
1.3.2 钢材的分类及应用	9
1.4 钢材的质量	15
1.4.1 钢材的表面缺陷	15
1.4.2 钢材的内部缺陷	16
复习思考题	18
第 2 章 铸造	19
2.1 铸造生产的特点及分类	19
2.1.1 铸造生产的特点	19
2.1.2 铸造生产的分类	20
2.2 砂型铸造	20
2.2.1 砂型制造	20
2.2.2 合金的熔炼与浇注	30
2.2.3 铸件的落砂、清理	32
2.3 铸造工艺图的绘制	33
2.3.1 选择铸件浇注位置	33
2.3.2 分型面的选择	34
2.3.3 确定工艺参数	37



2.3.4 设计浇注系统·····	38
2.3.5 绘制铸造工艺图·····	40
2.4 合金的铸造性能·····	42
2.4.1 液态合金的流动性·····	42
2.4.2 合金的收缩性·····	44
2.4.3 常用合金的铸造性能·····	48
2.5 铸件的结构工艺性·····	49
2.5.1 合金铸造性能对铸件结构的要求·····	49
2.5.2 铸造工艺对铸件结构的要求·····	53
2.6 特种铸造·····	55
2.6.1 金属型铸造·····	56
2.6.2 压力铸造·····	58
2.6.3 离心铸造·····	59
2.6.4 熔模铸造·····	61
2.6.5 低压铸造·····	63
2.6.6 实型铸造·····	64
复习思考题·····	65
第3章 锻压 ·····	66
3.1 金属的塑性变形与再结晶·····	67
3.1.1 金属塑性变形的实质和基本方式·····	67
3.1.2 冷塑性变形对金属组织结构和性能的影响·····	70
3.1.3 冷变形金属的回复与再结晶·····	73
3.1.4 金属的热塑性变形·····	75
3.2 金属的锻造性及其影响因素·····	76
3.2.1 金属的锻造性及其影响因素·····	76
3.2.2 常用合金的锻造性·····	79
3.3 自由锻造·····	79
3.3.1 自由锻造的基本工序·····	81
3.3.2 自由锻造工艺示例·····	83
3.3.3 自由锻造工艺设计基础·····	84
3.3.4 自由锻锻件的结构工艺性·····	89
3.4 模型锻造·····	90
3.4.1 模锻锤上模锻·····	90
3.4.2 摩擦压力机上模锻·····	95
3.4.3 曲柄压力机上模锻·····	97

3.4.4 胎模锻造	99
3.5 锻件常见缺陷及其预防措施	103
3.5.1 加热缺陷及其预防	103
3.5.2 自由锻锻件主要缺陷及预防措施	104
3.5.3 模锻件的主要缺陷及预防措施	104
3.5.4 锻件质量分析方法	105
3.6 板料冲压	105
3.6.1 板料冲压概述	105
3.6.2 冲压设备	107
3.6.3 板料冲压的基本工序	109
3.6.4 冲压模具	114
3.6.5 冲压件的结构工艺性	117
3.7 其他锻压方法简介	119
3.7.1 零件的轧制成形	119
3.7.2 液态模锻	125
3.7.3 超塑性模锻	126
复习思考题	127
第四章 焊接	128
4.1 焊接概述	128
4.1.1 焊接的分类	128
4.1.2 焊接结构的特点与焊接技术的应用	129
4.2 熔焊	130
4.2.1 焊条电弧焊	130
4.2.2 其他熔焊方法	140
4.3 焊接质量与检验	150
4.3.1 焊接接头的组织与性能	150
4.3.2 常见的焊接缺陷	152
4.3.3 焊接质量检验	153
4.4 压焊与钎焊	155
4.4.1 电阻焊	155
4.4.2 摩擦焊	158
4.4.3 钎焊	161
4.5 焊接应力与变形	163
4.5.1 焊接应力和变形的概念及产生原因	163
4.5.2 焊接变形的形式及防止方法	164



4.6 常用金属材料的焊接	167
4.6.1 金属的焊接性	167
4.6.2 常用金属材料的焊接	168
4.7 焊接结构的焊接工艺性	171
4.7.1 焊接结构件材料的选择	171
4.7.2 焊缝的布置	172
4.8 特种焊接方法简介	174
4.8.1 等离子弧焊接与切割	174
4.8.2 真空电子束焊接	177
4.8.3 超声波焊接	179
4.8.4 爆炸焊	181
复习思考题	183
参考文献	185

绪 论

机械制造是将原材料制成毛坯,将毛坯加工成机械零件(对冲压件直接用板料经模具冲压成零件;而非金属件则直接用原料经模具制成零件),再将这些零件装配成机器的整个过程。另外,绝大多数机械零件还要经过必要的热处理,使其具备良好的力学性能以满足零件的使用要求。机械制造过程可用图 0.1 来表示。

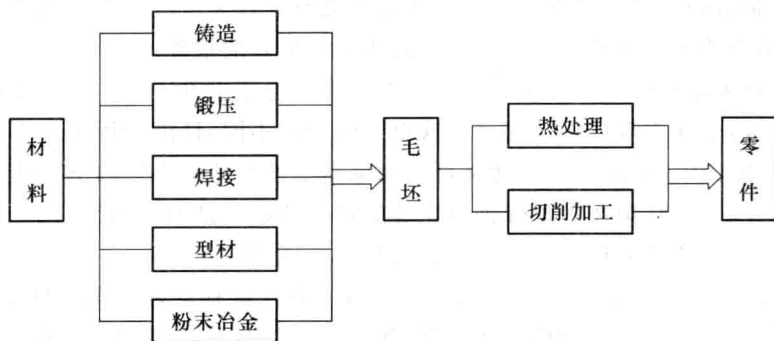


图 0.1

机械工业生产的原材料主要是以钢铁为主的金属结构材料,包括由冶金工厂直接供应的棒、板、管、线材、型材等。它们一般在机械制造工厂通过切割下料,再经锻压或焊接后制成毛坯,然后进行机械加工(也可通过冲压直接制成零件);原材料还包括铸铁、废钢、铝锭等材料,它们可经过熔炼后直接浇注成零件的毛坯(铸造)。

金属毛坯和零件的成形一般有铸造、锻造、冲压、焊接和轧材下料等 5 种常用方法(轧材下料又常用做锻压和焊接的准备工序)。因此,从事机械制造的工程技术人员除具备一般机械设计、机械加工、工程材料、热处理方面的知识外,还必须对零件毛坯的成形方法,如铸造、压力加工、焊接等热加工技术有比较深入的了解和认识,具备综合运用工艺知识,选择零件毛坯种类、成形方法及工艺分析的初步能力。

本书包括钢铁材料的生产、铸造、金属的压力加工和焊接等内容。着重讨论铸造、锻压和焊接等金属热加工的基本原理、工艺设计过程、零件的结构工艺性和零件毛坯的选用等最基本的工艺技术问题。以便使学生在学完本课程后能够达到以下基本要求:

- (1) 了解金属零件的铸造、锻压、焊接的基本原理、工艺特点及应用范围。
- (2) 在学习本课程的同时经过热加工实训后,能够对简单机械零件上述加工方法的工艺设计有全面的了解和比较深入的认识,并具有初步的技能。
- (3) 初步学会分析一般机械零件结构工艺性问题。
- (4) 具备零件毛坯选用的初步能力。

金属的热加工技术是一门实践性和应用性很强的课程。因此,本课程的学习应与实习、实训紧密结合,密切联系生产实际,注重培养学生分析和解决具体生产技术问题的能力。本书可作为高职高专院校金属工艺学热加工部分授课教材,也可作为热工实习或实训工学结合同步配套教材。

钢铁的生产与钢材的质量

钢铁材料在国民经济各个领域及国防工业中应用广泛,各种工程结构及机器设备大都是由钢铁材料制造的。钢铁材料质量的好坏将直接影响各类工程构件和机器零件的安全及使用寿命,材料中的缺陷常常是造成工艺废品或工件失效的根源。

钢材是以钢为原料经过压力加工后制成的。在冶金工业生产中,首先是利用铁矿石炼出生铁,然后再由生铁熔炼成钢。钢和生铁由于碳含量不同,性能和用途也不同。生铁的碳含量一般 $w_c = 2.5\% \sim 4.5\%$,按用途又可分为炼钢生铁和铸造生铁两类。炼钢生铁的碳含量 $w_c = 4.0\%$ 左右,是转炉及平炉炼钢的主要原料。铸造生铁也称铸铁,是一种铸造性能优良的材料,经重熔并铸造成铸件后具有较好的使用性能,应用很广。

常用碳钢的碳含量一般 $w_c < 1.3\%$,质强而韧,同时具有良好的工艺性能,可以进行各种加工,因而用途非常广泛。冶炼而成的钢,除少数直接浇注成各种形状的铸件外,绝大多数是先浇注成钢锭,再经过轧制、锻造等各种不同的压力加工制成各种形状和规格钢材或锻件,然后供进一步加工使用。图 1.1 为钢材生产过程示意图。

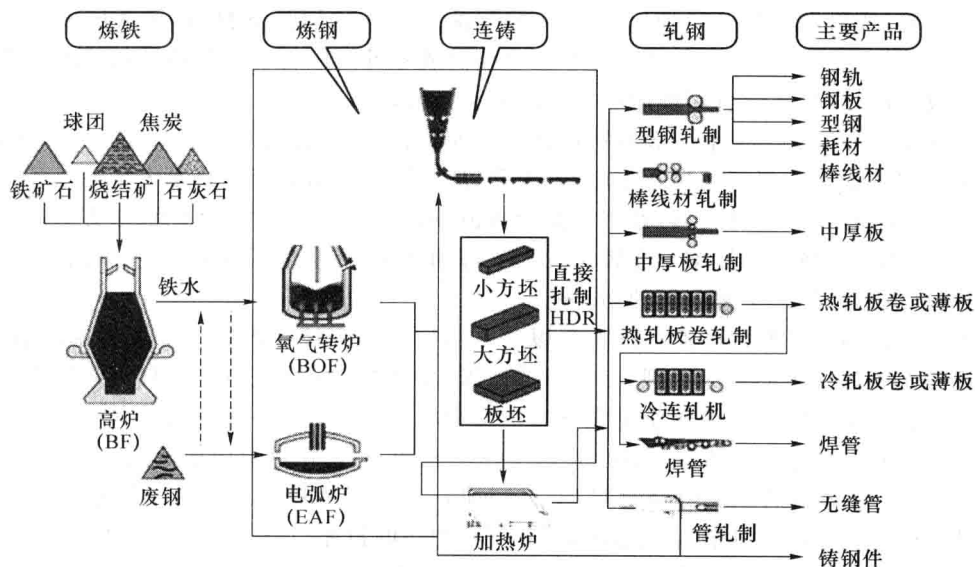


图 1.1 钢材生产过程示意图

本章通过对钢铁生产过程的介绍,简单扼要地说明冶炼、浇注和压力加工等对材料质量的影响,并对钢材的主要缺陷、质量评定及钢材的分类和规格作简要的概述。



1.1 钢铁的冶炼

1.1.1 铁的冶炼

炼铁的主要设备是高炉。高炉炼铁的原料主要是铁矿石、焦炭和溶剂(石灰石等)。

铁的冶炼过程实质上就是将铁矿石中的氧化铁还原为铁的物理化学过程。高炉内焦炭本身的碳及其燃烧反应产物一氧化碳都对氧化铁起还原作用。

铁矿石并不是单纯的氧化铁,它还含有杂质(脉石),其中通常以二氧化硅为主要成分,并含有锰、硫、磷等。二氧化硅是酸性氧化物,去除它的有效方法是使其在高温下与碱性氧化物(氧化钙,由加入的石灰石在炉内受热分解而生成)作用,生成易熔化的中性炉渣。炉渣密度小,熔化后漂浮在铁液上面而使两者相互分离。

焦炭在炼铁时主要被用作燃料和供给还原剂。焦炭在燃烧时产生大量的热量,以保证高炉内的高温;同时它在不完全燃烧时所产生的一氧化碳,又是使氧化铁和其他氧化物还原的还原剂。炼铁时高炉内存在大量的碳,从铁矿石中还原出来的铁与碳接触还将发生渗碳作用,变成碳含量较高而熔点较低的生铁,在炉内的高温下最终都熔化成铁液。由于焦炭中还含有硫等杂质,在高炉炼铁的条件下,包括铁矿石内带来的杂质元素等都会渗入到铁液中。所以生铁除了铁、碳两种主要成分之外,还含有硅、锰、硫、磷等杂质。

高炉炼铁的产品是铸造生铁和炼钢生铁。铸造生铁硅含量较高($w_{\text{Si}}=1.25\%\sim 3.2\%$),硬度较低,断口呈灰色,又称灰口铸铁,主要用作铸造生产的原料;炼钢生铁的硅含量较低($w_{\text{Si}}<1.25\%$),硬度较高,断口呈亮白色,又称为白口铸铁。

高炉炼铁的副产品有炉渣和高炉煤气。炉渣可用来制造水泥等建筑材料;高炉煤气经净化后,可作为生产其他化学品(如甲醇等)的原料和生活用燃料。

1.1.2 钢的冶炼

1.1.2.1 炼钢的基本原理

钢和生铁最主要的区别是碳含量不同。钢的碳含量 $w_{\text{C}}<2.11\%$,一般大量使用的钢碳的质量分数都在 1.3% 以下,所以将生铁进行精炼,大幅度地降低其碳含量便可以得到钢。同时生铁中的硅、锰、磷、硫等杂质含量过高,炼钢时还必须将这些杂质去除至规定的含量之下,以保证钢材的质量。由于碳、硅、锰、磷、硫等与氧的亲合力比铁大,故可采用氧化的方法将它们去除。所以,炼钢的实质就是将生铁中多余的成分除去的氧化过程。

炼钢的温度为 $1500\sim 1700^{\circ}\text{C}$,在这样的高温下,炉料已经熔化。供氧化反应进行所需要的氧可来自空气、氧气、铁矿石或氧化铁。由于铁在铁液中占的质量百分比高达百分之九十几,因此进入铁液中的氧首先与铁反应生成氧化亚铁,然后氧化亚铁再与其他元素反应,使它们氧化,而铁则被还原出来。这是主要的反应形式。在有些情况下也会发生直接的氧化反应。反应产物或者排入炉气,或者转入炉渣,最后得到所需成分的钢液。由于钢的熔点比生铁高,所以炼钢的过程还是一个升温的过程,最后出钢时钢液还应达到所要求的温度。炼钢过程主要有以下反应。



1. 脱碳反应

脱碳反应比较复杂,一般可表达为

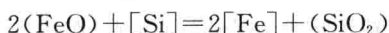


式中加方括号的表示金属中的物质,加圆括号的表示炉渣中的物质。

反应生成的一氧化碳气体在逸出时使熔池产生沸腾,造成强烈搅拌,因而加速了各种炼钢反应的进行,也有利于去除钢液中的气体和非金属夹杂物,并可促使钢液成分和温度的均匀化。这种作用对于获得质量良好的钢具有很重要的意义。提高供氧强度,改善炉渣的流动性等均可促进脱碳反应的进行。

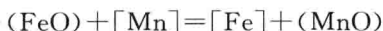
2. 硅、锰的氧化

硅很容易氧化,在冶炼初期就几乎全部被氧化了,其反应式为



硅氧化的结果会放出大量的热,可显著升高钢液的温度。由于二氧化硅是强酸性氧化物,进入炉渣后对炉渣的碱度(渣中 CaO 与 SiO_2 质量分数的比值)影响较大。

锰也很容易被氧化,并在炼钢过程中达到平衡,而后来又有可能被还原出来。其反应式为

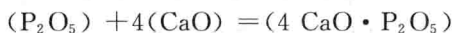
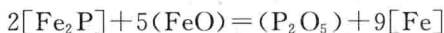


锰的氧化也是一个放热反应。

3. 去磷、去硫过程

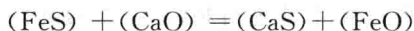
磷、硫存在于钢中通常是有害的,应于炼钢过程中尽量予以去除。

磷在铁中以 Fe_2P 的形式存在,它先与渣中的 FeO 作用,生成 P_2O_5 ,而后 P_2O_5 再与所加入的石灰石化合生成稳定磷酸钙。其反应式为



以上反应都是放热反应。较低的温度以及氧化能力强、碱度合适、流动性良好的炉渣是去磷的基本条件。

硫在铁中以 FeS 的形式存在, FeS 先从铁液中转入炉渣,然后再与渣中的 CaO 反应,生成 CaS 而稳定地存在于炉渣中。其反应式为



这是一个吸热反应。高温以及高碱度、流动性良好的炉渣是去硫的基本条件。

4. 脱氧反应

为了有效地去除各种有害杂质,炼钢时要向铁液中吹入大量的氧。但当杂质去除到允许的程度时,钢液中仍存在过多的氧,因此钢液还必须经过脱氧处理,最终才能获得符合要求的成品钢。

脱氧的方法主要分为沉淀脱氧和扩散脱氧两种。

(1) 沉淀脱氧。沉淀脱氧是将含有锰、硅、铝等元素的脱氧剂直接加入钢液中,使溶解于钢液中的 FeO 还原,生成不溶于钢液的氧化物,然后上浮排除。此法脱氧速度较快。根据不同的炼钢方法沉淀脱氧可在炼钢炉内进行,也可在盛钢桶中进行。

(2) 扩散脱氧。扩散脱氧是向炉渣中加入铝粉、炭粉和硅-钙粉等脱氧剂,降低渣中

FeO 的含量,破坏渣、钢间 FeO 的平衡,使钢液中的 FeO 转入渣中而达到脱氧目的。此法有利于获得比较纯净的钢液,但脱氧时间较长,因此只应用于电炉炼钢中。

1.1.2.2 炼钢方法

根据炼钢的设备不同,目前应用的炼钢方法主要有转炉、平炉、电炉等几种。

1. 转炉炼钢法

转炉炼钢法是利用氧气或空气中的氧吹入温度为 $1\,200\sim 1\,300^{\circ}\text{C}$ 的铁液中,使其中的碳、硅、锰、磷等元素迅速氧化,并靠这些元素氧化时所放出的大量热量来升高铁液温度的一种炼钢方法。

最初的转炉是空气转炉,靠鼓入空气进行吹炼,分为底吹和侧吹两种。后来出现氧气顶吹转炉,并发展成为目前最主要的炼钢方法。按炉衬材料的性质,转炉又分为酸性(炉衬的主要成分为二氧化硅)和碱性(炉衬主要成分为白云石或镁砂)两种。我国主要采用的是碱性炉衬。

氧气顶吹转炉炼钢法如图 1.2(a)所示。下面介绍其基本工艺过程。

(1) 清渣和装炉。清除上一炉的炉渣,按炉料配比装入废钢和铁矿石,兑入铁液。

(2) 吹炼。将吹氧管(氧枪)降入炉内吹氧,使铁液中的碳、硅、锰、磷等迅速氧化,同时放出大量的热,促使炉内废钢等炉料熔化。此时炉口冒出火焰和浓烟。在吹氧过程中,还要往炉内追加石灰石等造渣材料,以创造去磷和去硫的条件。待碳、锰、硅等元素降至一定程度后,停止吹氧,提出氧枪,然后取样分析和测温,若温度过高则加废钢进行调温,待钢液成分和温度都达到要求时即可出钢。

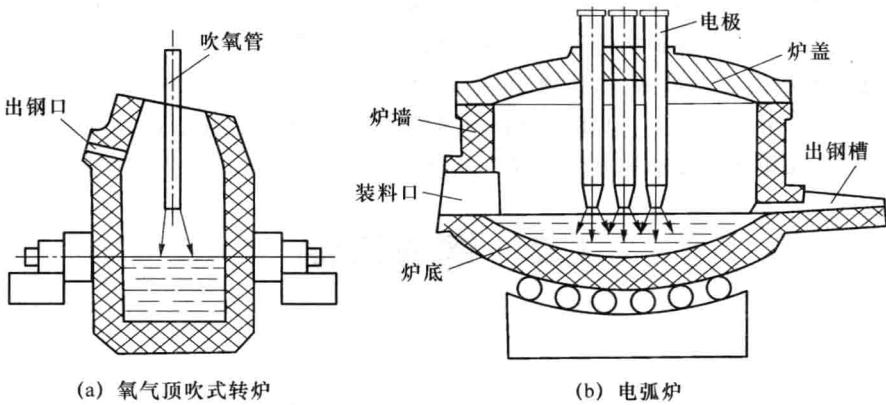


图 1.2 转炉、电弧炉炼钢法示意图

(3) 脱氧和出钢。一般用铝、硅、锰、铁等脱氧剂进行脱氧。为使脱氧产物能够顺利排除,减少钢液中的气体和夹杂物,须将钢液在盛钢桶中镇静一段时间,使脱氧产物充分上浮,然后再进行浇注。

氧气顶吹转炉炼钢从装料到出钢一般为 $25\sim 45\text{ min}$,生产周期很短。同时因氮含量显著下降,钢的质量也有显著提高。转炉顶吹炼钢如果工艺控制得当,还有可能生产优质碳素钢和合金钢,再加之其成本低、投资少,所以应用很广。

2. 电炉炼钢法

电炉炼钢是利用电能作热源的炼钢方法。最常用的电炉有电弧炉和感应炉两种。这里



只介绍应用最普遍的碱性电弧炉炼钢法。

电弧炉构造如图 1.2(b)所示。电弧炉炉盖上开有 3 只圆孔,供插入石墨电极用。通电时,电极与炉料之间产生电弧,造成很高的温度,使熔炼得以进行。

电弧炉炼钢的基本工艺过程如下:

(1) 补炉和装料。修补炉衬,装入炉料。

(2) 熔化期。熔化期大约占全部冶炼时间的一半,耗电量为总电耗的 $2/3$ 左右。在此期间要求炉料迅速熔化,并造好炉渣以脱去一部分磷和防止钢液吸收气体及金属的挥发损失。为了加速熔化,可向炉内吹氧。

(3) 氧化期。当炉料熔化后,即进入氧化期。此时向炉内加入一定量的石灰、铁矿石等造渣材料,形成碱性氧化渣进一步脱磷。加入铁矿石或吹氧脱碳是完成氧化期的重要手段。由于脱碳而引起的钢液沸腾,促进了各种精炼反应的进行和加快了钢液升温,氧化末期使钢液的温度和成分均达到预定的要求,以利于还原期的造渣和脱氧。

(4) 还原期。扒除氧化末期含氧量高的炉渣,加入石灰等造渣剂后即开始还原期。为了造成氧化铁含量较低的还原性熔渣,可向渣中加入炭粉等还原剂。炉渣良好的还原性,将为钢液的充分脱氧和调整合金成分创造有利的条件,并可使硫的质量分数降低到 0.03% 以下。在冶炼合金钢时,合金元素的加入应按一定的程序进行,这将有利于减少合金元素损失和稳定钢液的化学成分。

(5) 出钢。当钢液的成分与温度均达到规定要求、炉渣流动性良好时,便可出钢。

无论那一种炼钢方法,所得到的钢液都不是绝对纯净的,总是或多或少地含有氢、氧、氮等气体及各种非金属夹杂物和其他杂质元素。这些成分存在于钢中一般都是有害的,所以必须重视冶炼工艺,采取各种措施使它们减少到尽可能低的水平。

近年来发展钢液真空处理、电渣重熔冶炼、真空电炉(真空感应炉、真空自耗炉等)熔炼或重熔法,可进一步去除杂质,提高钢液的纯净度,并可防止合金在冶炼时受大气污染,这对高强度钢、轴承钢和高温合金等具有特殊的意义。

1.2 钢的铸锭

1.2.1 铸锭方法

钢在冶炼后除少数直接浇注成铸件外,绝大多数都要先浇铸成钢锭,再轧制成各种用途的钢材。

铸锭是炼钢生产的最后一个环节,铸锭的质量将直接影响钢中气体的含量、非金属夹杂物的多少、钢锭的组织结构和各种缺陷的形成等。当铸锭工艺不良时,轻则降低钢材的质量,重则直接导致钢锭成为废品。

铸锭的主要设备是盛钢桶和钢锭模。铸锭的方法主要有以下几种:

(1) 上注法。是将盛钢桶中的钢液直接从钢锭模上口注入,一般每次只能注一个钢锭。此法设备和铸锭前的准备工作比较简单,但由于钢液冲击模底,钢液飞溅至冷模壁易形成结疤、夹渣等缺陷,影响钢锭表面质量。因此这种方法一般只用于浇注大型钢锭。

(2) 下注法。是将盛钢桶中的钢液注入中心注管,通过底平板的汤道砖,从模底流入钢



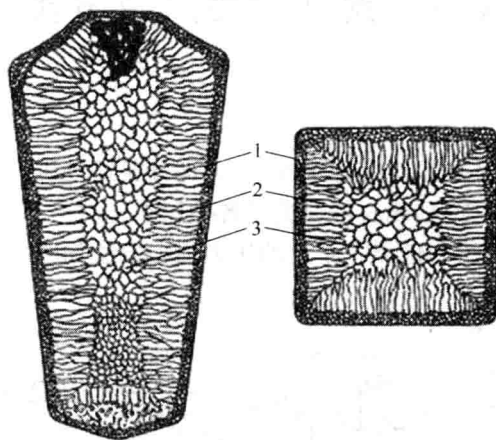
锭模中,采用树枝型平板一次可浇铸十几支钢锭。此法劳动条件较差,耐火材料消耗较大,但由于钢液从模底流入并在模内比较平稳地均匀上升,故钢锭表面质量好、产量高,所以为一般工厂所广泛采用。特别是生产小钢锭的工厂多数采用下注法。

(3) 连续铸锭法。是把盛钢桶内的钢液,通过中间罐连续地注入结晶器中,钢液的热量被流经结晶器的冷却液迅速带走,形成具有一定厚度的坯壳,接着通过拉坯机拉出结晶器,进入二次冷却区直接喷水快速冷却,使坯壳内的钢液全部凝固而成钢坯,经矫直后由切割机切成一定长度,最后由输送辊道将其送到铸坯场地。这种工艺方法成材率和机械化程度高,操作方便,劳动强度低,生产效率高。

浇注过程中浇注温度和浇注速度是影响浇注质量的两个基本因素。浇注温度过高,会使钢锭中的柱状晶发展,偏析(成分不均匀的现象)严重,缩孔和钢锭的纵向开裂倾向增大;反之,则容易造成钢锭表面缺陷如翻皮等,还会造成钢锭内部疏松,并使气体和夹杂物增加。浇注速度在一定程度上可与浇注温度相互调节,浇注温度低时,应提高浇注速度。大量生产中的锭模钢浇注,原则是高温慢注,低温快注。连续铸锭时,一般则以低温快速浇铸为主。

1.2.2 铸锭组织

典型的模注钢锭的宏观组织如图 1.3 所示。由图可见,钢锭的宏观组织是不均匀的。从表层到心部依次由表层细小的晶粒区、柱状晶区和尺寸较大的中心等轴晶区组成。浇注时,改变钢液的成分与凝固条件,可以改变这 3 个晶区的相对大小和晶粒的粗细,甚至可获得只由两个或一个结晶区域所组成铸锭。



1—表面细晶区; 2—柱状晶区; 3—中心等轴晶区

图 1.3 钢锭的典型组织示意图

必须指出,虽然绝大多数合金铸锭组织都存在三个晶区,但对于高纯金属和某些合金的铸锭,则一般只有表面细晶区和柱状晶区,而不出现中心等轴晶区。

晶粒大小和形状对金属的力学性能有很大的影响。一般来说,晶粒越细小,金属的强度越高,塑性、韧性也越好。由于接近于平行排列的柱状晶容易使钢锭在锻造或轧制时开裂,故一般不希望出现柱状晶组织或应限制其厚度。但如果是浇注铸件,则在某些场合下(如某些高温合金)晶粒大些及晶粒呈柱状反而可能是有利的。所谓定向凝固技术就是使铸件全

部成为沿某一方向排列的柱状晶组织,以利用其沿长度方向的性能特点。

根据钢中的含氧量和凝固时放出一氧化碳的程度,可将钢锭分为镇静钢、沸腾钢和半镇静钢三类。下面简单介绍镇静钢和沸腾钢。

1. 镇静钢

钢液浇注前用锰铁、硅铁和铝进行充分脱氧,使其所含的氧 $w_o < 0.01\%$,以至钢液在锭模中凝固时不析出一氧化碳而保持平静,这种钢称为镇静钢。镇静钢的成分均匀,组织致密,质量较好。

2. 沸腾钢

如果在冶炼末期仅对钢液进行轻度脱氧,而使相当数量氧($w_o = 0.03\% \sim 0.07\%$)残留在钢液中,则钢液注入锭模后,钢液中的氧与碳发生化学反应,析出大量一氧化碳气体,引起浇注时钢液在锭模内产生沸腾现象,这种钢称为沸腾钢。

沸腾钢成材率高,生产成本低,由于其表层有一定厚度的致密细晶带,轧成钢板后表面质量较好,因此宜于轧制薄钢板。另外,沸腾钢一般多为低碳钢,加之不用硅脱氧,钢中的硅含量低。这些都使沸腾钢具有良好的塑性。因此机器中的许多冲压件(如汽车壳体、拖拉机油箱等)常用 08F 一类的沸腾钢板制造。

但沸腾钢内部常常分布着许多气泡,组织疏松,成分偏析较大,力学性能不均匀,总体质量较差。所以,对力学性能要求较高的机械零件,一般都采用镇静钢。

脱氧程度介于镇静钢和沸腾钢之间的钢称为半镇静钢。

1.3 钢材的生产及分类

1.3.1 钢的压力加工

冶炼而成的钢锭除一部分用于大型锻件外,大部分要通过压力加工(如轧制、挤压、拉丝等)的方法制成型材、板材、管材、线材等以满足各种用途。对金属进行压力加工不仅可以使其成形,而且能够改善其组织和性能。常见的压力加工方法如图 1.4 所示。

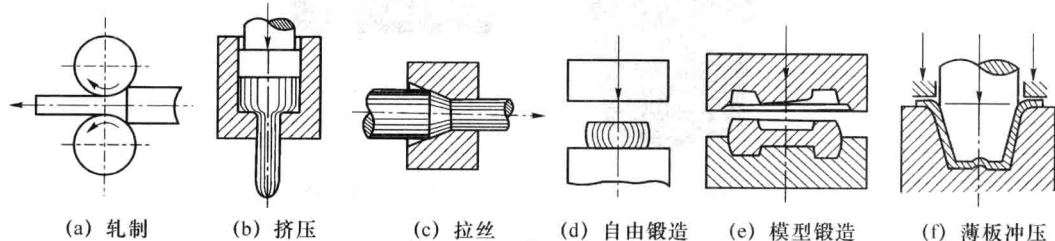


图 1.4 金属压力加工生产方式示意图

有 $85\% \sim 90\%$ 的钢锭是经过轧制成材的。钢材的轧制在轧钢机上进行。轧制过程中,在转动的轧辊间借助于摩擦力的作用,使坯料连续送进而发生变形(截面减小,长度增加)。轧制生产金属变形速度大、材料损耗小、生产率高,因而得到了广泛的应用。

轧钢生产的主要设备有加热炉和轧钢机等。

轧前要对钢锭表面进行精整,即用火焰、砂轮、风铲、车床剥皮等方法清除钢锭表面的气

泡、裂纹、黏砂、结疤等缺陷,以免它们在轧制加工中扩大。

热轧时需要将钢锭或钢坯加热至高温,使其获得良好的塑性,降低变形抗力,以利于轧制。对于高合金钢和某些低合金钢,考虑到钢锭有较大的成分不均匀和内应力等问题,还需进行预备热处理来改善钢锭的冶金质量。

经过热轧,钢锭中的气泡和某些缩孔得以焊合,疏松程度有所下降,钢的致密度提高。同时钢的晶粒细化,内部化学成分不均匀的程度减轻,钢的力学性能得到改善。

利用轧制来代替某些零件的锻造加工,能使生产率成倍增加。如将轧制引入锻压创新的辗锻工艺,横轧、斜轧和楔横轧等特种轧制的兴起,挤压的对象从有色金属发展到钢材,辗压工艺的应用等,这些都扩大了轧制在机器制造中的应用。

1.3.2 钢材的分类及应用

钢材的品种很多,常用的钢材一般按其外观形状可分为板材、管材、型材和线材四大类。为了便于生产和使用,我国现行产品将钢材分为 15 个品种,如表 1.1 所列。

表 1.1 钢材的品种

序号	品种	简要说明
1	重轨	每米质量大于 38 kg 的钢轨,主要用于铺设铁路干线和专用线
2	轻轨	每米质量等于或小于 24 kg 的钢轨,主要用于铺设工厂、矿山的轻便铁路
3	大型型钢	用普通质量钢制成的圆钢、方钢、扁钢、六角钢、八角钢、工字钢、槽钢、等边角钢、不等边角钢、螺纹钢等,按尺寸分为大、中、小型
4	中性型钢	
5	小型型钢	
6	优质型钢	用优质钢制成的圆钢、方钢、扁钢和六角钢等
7	线材	热轧制成的直径为 6~9 mm 的圆钢和直径 10 mm 以下的螺纹钢
8	其他钢材	主要包括重轨配件、车轮、法兰、钢球料、车轴坯等
9	中厚板	厚度大于 200 mm 的钢板
10	薄钢板	厚度等于或小于 4 mm 的钢板
11	钢带	又称为带钢,实际上是宽度较窄、长度很大成卷供应的薄钢板
12	硅钢片	也称矽钢片或硅钢薄板,是用 $w_{Si}=0.8\% \sim 4.8\%$ 的电工硅钢轧制而成
13	无缝钢管	由热轧或热轧-冷轧方法生产的钢管
14	焊接钢管	焊接而成的有缝钢管
15	金属制品	包括钢丝、钢丝绳、钢绞线等

1.3.2.1 型钢

型钢是钢材中品种最多的一类,它包括了 15 个钢材品种中的 8 种。按其断面形状,型钢可分为简单断面型钢和复杂断面型钢两类。简单断面的型钢有圆钢(直径为 6.5~9 mm 的小圆钢则称为线材)、方钢、扁钢、六角钢、八角钢等;复杂断面的型钢主要包括工字钢、槽钢、钢轨和其他异型钢等,常用型钢规格表示方法如表 1.2 所列。