

高等学校试用教材

# 金属工艺学

(机械类各专业用)

上册

西安交通大学金属工艺学教研室 编

范全福 主编

高等教育出版社

ND30/08  
高等学校试用教材

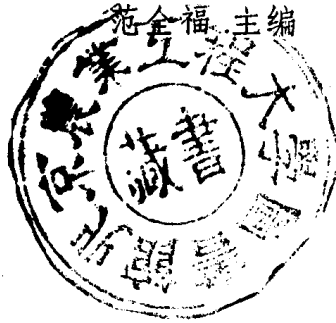
# 金属工艺学

(机械类各专业用)

上册

西安交通大学金属工艺学教研室 编

范金福 主编



398396

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书是根据1980年5月教育部审订的《金属工艺学教学大纲》(草案)的要求编写的,适用于高等工科院校机械类各专业的课堂教学。

本书上册共分五章,包括:钢铁材料的生产、金属材料性质、铸造、锻压和焊接。每章之后附有复习题,可供学生复习和讨论。

本书在内容和体系上作了某些革新。在精选内容方面,删除了一些传统的枝节内容,以突出重点,并充实了结合生产实际的工艺分析部分。编者还力求教材与教学实习环节合理分工和配合,尽量避免与金属学课程在内容上重复。在内容的组合和体系等方面,也考虑到了便于教学。书中的大部分插图,也进行了更新。

本书可供高等工科院校机械类各专业作为金属工艺学讲课教材,也可供职工大学及有关专业的工程技术人员和技术工人参考。

本书由北京航空学院彭德一同志复审热加工部分、大连工学院罗胜初同志复审冷加工部分,并经教育部金属工艺学编审小组讨论通过,同意作为高等学校试用教材出版。

责任编辑 单继清

(京)112号

高等学校试用教材

金 属 工 艺 学

机械类各专业用

上 册

西安交通大学金属工艺学教研室 编

范全福 主编

\*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

\*

开本787×1092 1/16 印张9 字数200 000

1983年11月第1版 1996年3月第13次印刷

印数 123 290—128 297

ISBN 7-04-000458-5/TH·10

定价 7.00元

## 前 言

1980年以来,全国许多高等院校对金属工艺学课程的内容和教学方法进行了广泛的研究和讨论,使得金工教学有了显著的发展和提高。为了适应当前的教学需要,在编写本书的过程中,我们根据本校的教学实践,在内容和体系方面进行了某些改革。

在热加工部分,增添了一章《钢铁材料的生产》。把原来分散讲述的电弧炼钢炉、焊接冶金过程、钢锭、轧制和拉拔,以及钢的分类等内容,汇集成完整的钢铁生产过程一章。这样,不仅能使 学生获得较为全面的钢铁基本知识,同时也有利于后续各章内容的精炼和充实。冷加工部分主要是以加工质量和生产率为核心,按形面加工的体系来综合分析各种加工方法的工艺特点和应用,同时还补充了机械加工的经济性概念。这将有利于教学内容的充实提高,并与生产实际相结合。

为了避免内容庞杂,删除了一些传统的枝节内容,以便突出重点。同时也注意到与教学实习内容的分工和配合,并尽量减少与金属学课程内容的重复。在内容的组合和系统等方面,也尽量考虑到便于教学。书中的插图,大部分进行了更新。但是,由于编者教学经验的局限性,各校教学实习的条件亦不尽相同,因此采用本书作为教材时,可按具体情况,斟酌本书内容,进行调整和增删。

复习题是本教材的重要组成部分。并非所有问题都能从书中找到答案,希任课教师引导学生思考其中的某些问题,或者进行讨论,这将有助于培养学生的独立能力,并巩固其所学的基本知识。

参加本书编写工作的教师是范全福,谭玉山,张明烈,陈婉艺,黎德龄,胡美玲,王裕文,褚启勤。热加工部分由范全福主编,冷加工部分由谭玉山主编。

本书承北京航空学院彭德一,大连工学院罗胜初,杭州电子工业学院何发昌,广西大学王世平,浙江大学黄振源,北京钢铁学院陈端树等同志审阅,并提出不少宝贵意见,特此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,改革中又难免主观,对于书中存在的错误和不妥之处,深望读者多予批评指正。

编 者

1983. 9

# 上册目录

## 第一章 钢铁材料的生产

第一节 炼铁..... 1	五、电炉炼钢法..... 6
一、炼铁的炉料和高炉..... 1	六、钢锭..... 7
二、高炉内主要的物理化学过程..... 2	第三节 钢材..... 7
三、高炉产品..... 3	一、轧钢..... 7
第二节 炼钢..... 3	二、拉拔..... 8
一、现代炼钢法的基本过程..... 3	第四节 钢的分类和应用..... 9
二、酸性炼钢法和碱性炼钢法..... 3	一、碳素钢..... 9
三、转炉炼钢法..... 4	二、合金钢..... 10
四、平炉炼钢法..... 5	

## 第二章 金属材料性质

第一节 金属的机械性能..... 12	第三节 铁碳合金状态图..... 18
一、强度..... 12	一、铁碳合金状态图中点和线的意义..... 18
二、塑性..... 13	二、缓慢冷却过程中不同成分铁碳合金组织的转变..... 19
三、硬度..... 13	三、钢的含碳量对机械性能的影响..... 20
四、韧性..... 13	第四节 钢的热处理..... 21
五、金属的疲劳..... 14	一、钢的退火和正火..... 21
第二节 金属的结晶构造..... 14	二、钢的淬火和回火..... 23
一、金属的结晶过程..... 14	三、钢的表面热处理..... 24
二、金属晶体的构造..... 15	

## 第三章 铸造

第一节 合金的铸造性能..... 26	四、型砂和型芯砂..... 49
一、合金的流动性..... 26	第四节 铸造零件的结构设计..... 50
二、合金的收缩..... 28	一、铸造工艺对结构设计的要求..... 50
第二节 常用的铸造合金..... 30	二、铸造合金性能对结构设计的要求..... 53
一、铸铁..... 30	第五节 特种铸造..... 57
二、铸钢和铸造有色合金..... 37	一、熔模铸造..... 57
第三节 砂型铸造..... 40	二、金属型铸造..... 60
一、砂型铸造的生产过程及其特点..... 40	三、压力铸造..... 62
二、铸造工艺图的制订..... 41	四、低压铸造..... 63
三、铸钢和有色合金铸件的铸造工艺..... 46	五、离心铸造..... 64

## 第四章 锻压

第一节 金属的塑性变形..... 68	四、平锻机上模锻 ..... 93
一、金属塑性变形的实质 ..... 68	第四节 板料冲压 ..... 94
二、金属的加工硬化、回复和再结晶 ..... 69	一、冲压设备 ..... 95
三、锻造比和纤维组织 ..... 71	二、板料冲压的基本工序和模具 ..... 96
四、金属的可锻性 ..... 72	第五节 挤压 ..... 101
第二节 自由锻造 ..... 74	一、型材和管件的挤压 ..... 101
一、自由锻造设备 ..... 74	二、零件的挤压 ..... 101
二、自由锻造工艺 ..... 77	第六节 锻压零件的结构工艺性 ..... 104
第三节 模型锻造 ..... 82	一、自由锻件的工艺性要求 ..... 105
一、模锻锤上模锻 ..... 82	二、模锻件的工艺性要求 ..... 106
二、机械锻压机上模锻 ..... 88	三、冲压件的工艺性要求 ..... 106
三、摩擦压力机上模锻 ..... 90	

## 第五章 焊接

第一节 熔化焊 ..... 109	第三节 常用金属材料的焊接 ..... 126
一、手工电弧焊 ..... 109	一、可焊性概念 ..... 126
二、埋弧自动焊 ..... 117	二、钢的焊接 ..... 127
三、气体保护焊 ..... 118	三、铸铁件的焊补 ..... 128
四、电渣焊 ..... 120	四、有色金属的焊接 ..... 129
五、焊接结构的生产过程 ..... 121	第四节 焊接件的结构设计 ..... 130
第二节 压力焊和钎焊 ..... 122	一、焊接结构件材料的选择 ..... 130
一、电阻焊 ..... 122	二、焊接结构件上焊缝的布置 ..... 131
二、钎焊 ..... 125	三、薄壁轻型焊接结构举例 ..... 134

# 第一章 钢铁材料的生产

钢铁是应用最广的金属材料。工业、农业、交通运输、建筑和国防等各部门都离不开钢铁。钢铁生产对国民经济各部门的发展具有极其重要的意义。

钢和铁都属于铁碳合金，区别只在含碳量的多寡。理论上，含碳量在 2.06% 以下的称为钢，以上的称为铁。实际上，钢的含碳量一般在 1.4% 以下，铁的含碳量则常在 2.5~4.0% 之间。

这里所说的铁是指生铁和铸铁，而不是纯铁元素。生铁是由铁矿石在高炉中熔炼而成的，是炼钢和铸造的原材料，只要求控制一定的化学成分。铸铁则是用生铁与其它原料适当配合后在冲天炉里重新熔化而成的。铸铁用于铸造具有一定化学成分、结晶组织和机械性能的铸件。

现代的炼钢方法是以生铁为主要原料，装入高温的炼钢炉中，利用氧化作用来降低生铁中的含碳量，就得到一定的碳素钢。如果在炼钢炉中再配入某些合金元素，就能炼成一定的合金钢。

## 第一节 炼 铁

### 一、炼铁的炉料和高炉

炼铁的主要炉料是铁矿石、焦炭和石灰石。

铁矿石中的铁元素都是以化合物形态存在的，如  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{FeCO}_3$  等。铁矿石中除铁的化合物外，还含有大量的废石、泥砂，其主要成分为  $\text{SiO}_2$ 。所以铁矿石中的实际含铁量一般在 25~65% 之间。

焦炭是炼铁的主要燃料。为了节省焦炭的消耗，近年来都采用向高炉里喷燃重油和煤气的措施。

石灰石是碱性熔剂，它能与矿石中的杂质和焦炭中的灰分组成低熔点的炉渣，以便从铁水中清除。

炼铁所用的主要设备是高炉，如图 1-1 所示。为了使矿石在炉内充分还原，现代高炉的炉体高达 30~40m 以上，所以称为高炉。

炉料从受料斗通过小钟和大钟进入炉腔。高炉底部的炉缸和炉腹中装的都是焦炭。炉腰和炉

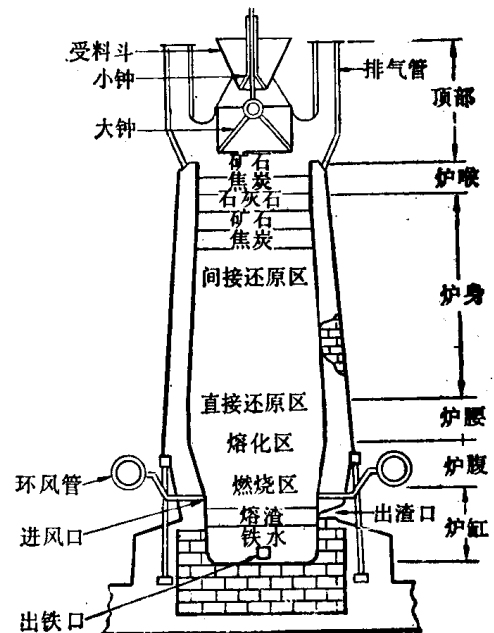


图 1-1 高炉示意图

身中则是铁矿石、焦炭和石灰石，层层相间，一直装满到炉喉。在冶炼过程中，底部焦炭燃烧时所产生的高温炉气向上运动，最后从炉顶的排气管引出。下行的炉料经过一系列的物理化学过程，形成了铁水和熔渣滴入炉缸，每隔3~5小时分别从出铁口和出渣口放出。

高炉一旦点火以后，就夜以继日不停地进行工作，一般可持续工作十年以上才停炉大修一次。

## 二、高炉内主要的物理化学过程

### (一) 焦炭的燃烧

焦炭在1000~1150°C高温热风的助燃下，迅速产生大量的热量，使风口附近炉腔中心的温度高达1800°C左右。由于底部焦炭层很高，燃烧不完全，因此炉气中存在着大量的CO气体，在炉内造成了良好的还原性气氛。

### (二) 铁矿石还原和铁质溶碳

铁矿石在300~1200°C之间受到CO气体和红热焦炭的还原之后，形成了一种海绵状夹渣的纯铁。这种海绵铁在900~1200°C的高温下会从CO和焦炭中吸收碳素，使含碳量达到3~3.5%，于是就炼成了生铁。生铁的熔点约为1200°C，因此经过溶碳作用之后，生铁就成为液体，与炉渣分离，滴入炉缸。

### (三) 造渣

矿石中的废石、泥砂和焦炭中的灰分，其主要成分是SiO<sub>2</sub>和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，所以它们的熔点都很高。石灰石的主要成分是CaO，在1100~1200°C时能与SiO<sub>2</sub>和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>结成低熔点的硅酸盐炉渣。这种炉渣在1400~1500°C的温度下具有相当的流动性，能顺利地滴入炉缸，浮在铁水表面，并从出渣口排出炉外。

### (四) 生铁中的其它元素

生铁中还含有多种元素，主要是：0.5~3.5%Si，0.5~1.5%Mn，0.07~1.0%P，以及0.03~0.08%S。

硅来源于炉料中带入的SiO<sub>2</sub>。因为SiO<sub>2</sub>非常稳定，所以极大部分都留在炉渣内，只有少量的SiO<sub>2</sub>在1450°C以上的高温下被焦炭还原后，才进入生铁。因此要得到含硅量较高的生铁，必须提高炉温，消耗较多的燃料，而且还会降低生产率。所以冶炼高硅生铁，成本较高。

铁矿石中都含有少量的MnO<sub>2</sub>。MnO<sub>2</sub>在700~1100°C之间受到CO气体和焦炭的还原，形成金属锰进入生铁。MnO<sub>2</sub>的还原比较容易，矿石中75~80%的锰都能被生铁所吸收。

铁矿石和石灰石中都含有少量的磷酸盐。它们将在1200~1500°C的高温下，几乎全部被焦炭还原后进入生铁。

炉料中还含有少量的硫和硫化物。焦炭中含硫最多，也是生铁中硫的主要来源。

以上四个元素中，硅和锰是钢铁所需要的；磷和硫则属于有害元素，会增加钢铁的脆性。由于高炉中无法除磷，除硫的作用也很有限，因此要得到低磷、低硫的生铁，必须应用优质的炉料。



### 三、高炉产品

#### (一) 生铁

生铁是高炉的主要产品。根据含硅量的高低,生铁可分为两大类:含硅量高于1.5%的称为铸造生铁,低于1.5%的称为炼钢生铁。铸造生铁的牌号有:Z15, Z20, Z25, Z30, Z35等五种。Z35的含硅量为3.5%。

#### (二) 高炉煤气

高炉排出的炉气中,含有大量的 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 和 $\text{H}_2$ 等,是可燃性煤气。每炼100吨生铁,将产生500吨高炉煤气,可用于炼焦、炼钢和各种加热炉,具有很高的经济价值。

#### (三) 炉渣

每炼100吨生铁,大约有60吨炉渣。高炉炉渣中含有50%左右的 $\text{CaO}$ ,可以用来制造水泥和渣砖等建筑材料。

## 第二节 炼 钢

### 一、现代炼钢法的基本过程

现代炼钢的主要原料是生铁。炼钢过程中首先把生铁熔化成液体。如果是钢铁联合企业,则可直接由高炉供应铁水。

炼钢的基本过程是氧化。氧的来源是多方面的,当前所采用的主要氧化手段是向铁水中吹入纯氧。铁元素受到氧化后,所产生的 $\text{FeO}$ 溶解于铁水中;当达到一定的浓度时, $\text{FeO}$ 就与铁水中的一些元素失去平衡而产生一系列的氧化作用。碳被氧化成 $\text{CO}$ 气体,直接从熔液中逸出,硅和锰被氧化后,组成炉渣 $\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ 和 $\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$ ,从熔液中上浮。

经过上述过程,当含碳量降低到一定程度时,氧化即告完成,铁水就变成了钢水。不过,这时的钢水中,硅和锰已被氧化殆尽,却剩余相当多的 $\text{FeO}$ 。因此,最后要在钢水中加入适量的硅铁和锰铁,一则为钢中增添硅和锰的含量,同时也利用硅和锰来还原钢水中的 $\text{FeO}$ ,以改善钢的机械性能。

由于锰铁和硅铁中都含有碳,因此在脱氧过程中必然会对钢水起一定程度的增碳作用。所以这一过程称为脱氧增碳。为了使钢水脱氧较净,出钢时还常在盛钢桶中冲入少量纯铝。

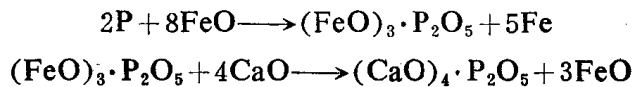
### 二、酸性炼钢法和碱性炼钢法

酸性炼钢法的炼钢炉中,耐火材料的主要成分是 $\text{SiO}_2$ 。因此,炉料中一般不能使用碱性熔剂 $\text{CaO}$ ,以免侵蚀酸性耐火材料,损坏炉衬。形成的炉渣中,总是有过剩的 $\text{SiO}_2$ ,呈酸性。由于磷和硫不能稳定在酸性炉渣中,所以酸性炼钢法不能除磷除硫。

碱性炼钢法的炼钢炉中,耐火材料的主要成分是 $\text{MgO}$ 。因此,炉料中可以加入多量的碱性

熔剂,以造成 CaO 过剩的强碱性炉渣。于是钢水中的磷和硫就能转移到炉渣中去而被清除。

碱性炼钢法的除磷反应如下:



由此可见,除磷须具备两个条件,即具有氧化作用和强碱性炉渣。

碱性炼钢法的除硫反应如下:



反应中的硫是以 FeS 的形态溶解在钢水中的,当它与石灰作用变成 CaS 后,才成为炉渣与钢水分离。可是,这是一个可逆的反应。当炉渣中 FeO 的浓度增加到一定程度时,反应就向左方进行, CaS 又会变为 FeS 溶入钢水中。因此要有效地除硫,应当经常放渣,清除反应的右方产物;或在炼钢炉中造成还原性气氛,使炉渣中的 FeO 不断地还原。

由于磷、硫含量较高的生铁原料来源充裕,所以碱性炼钢法的应用较为广泛。如果有优质的原料,使用酸性炼钢法,则可简化冶炼过程,提高生产率,而且所产钢的质量也较高。

### 三、转炉炼钢法

#### (一) 转炉

现代的转炉炼钢是用高压氧气从炉口顶部吹入,来氧化铁水的,称为纯氧顶吹转炉炼钢法,如图 1-2 所示。炉体中部装有水平转轴,可以转动,以便从炉口装料和出钢、出渣。喷氧枪是从炉口垂直插入炉腔中的,可以上下升降。炉体转动时,喷氧枪可从炉口抽出。

转炉内不能进行熔化工作,必须由高炉或冲天炉供给铁水。冶炼时,炉内也不用燃料加热,形成的高温是靠铁水中的 Fe, C, Si, Mn, P 等元素氧化时所放出的热量来维持的。

现在常用的转炉容量是 30~100t,也有大到 300t 的。

#### (二) 纯氧顶吹转炉炼钢(碱性法)的操作过程

先把炉体斜置,装入铁水和石灰;然后转正炉体,插入喷氧枪向铁水表面吹氧。由于氧化猛烈,大约 15~25 分钟就吹炼完毕。这时钢水的含碳量已降至 0.03~0.05%。

停止吹氧后,抽出喷氧枪。把炉体倾斜,先放渣,然后进行脱氧增碳。否则脱氧剂会把炉渣中的磷又还原到钢水中去。

最后,转动炉体,使炉口向下,把钢水全部倾入盛钢桶中。整个操作过程,每炉约 30~40 分钟。

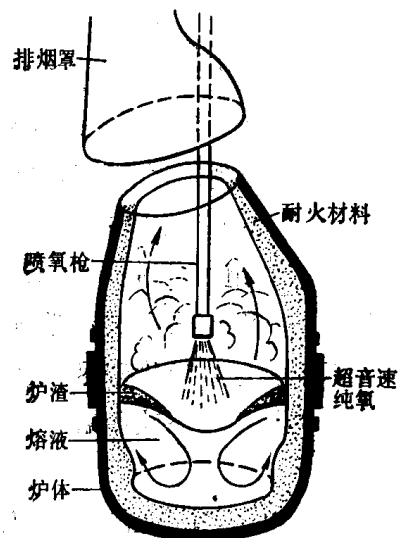


图 1-2 纯氧顶吹转炉炼钢示意图

### (三) 转炉炼钢法的生产特点

转炉炼钢法的最大优点是生产率特别高,而且设备费用较低,投入生产快,冶炼费用约为平炉之半,所以已成为现代最主要的炼钢方法。但在转炉中冶炼高碳钢和高合金钢尚有一定困难,而且所用的原料也受限制,所以主要是应用于将生铁炼成低碳钢和低合金钢。

用高纯度的氧气吹炼,可以避免氢、氮等一些有害气体进入钢水。但因氧化猛烈,冶炼时间短暂,所以用转炉炼钢法炼制的钢水中脱氧、除渣不净,除磷、除硫的效果也稍差。

## 四、平炉炼钢法

### (一) 平炉

平炉炼钢过程中是用火焰来加热熔炼的,一般都以煤气为燃料。氧化的方法也是以吹入纯氧为主,并加入铁矿石为辅。

图 1-3 是平炉炼钢工作示意图。炉料被装在炉床上进行冶炼。分别预热到高温的煤气和空气从炉体两端交替地进入炉膛燃烧以加热炉料,而高温的废气则被交替地从另一端引出以加热蓄热室。

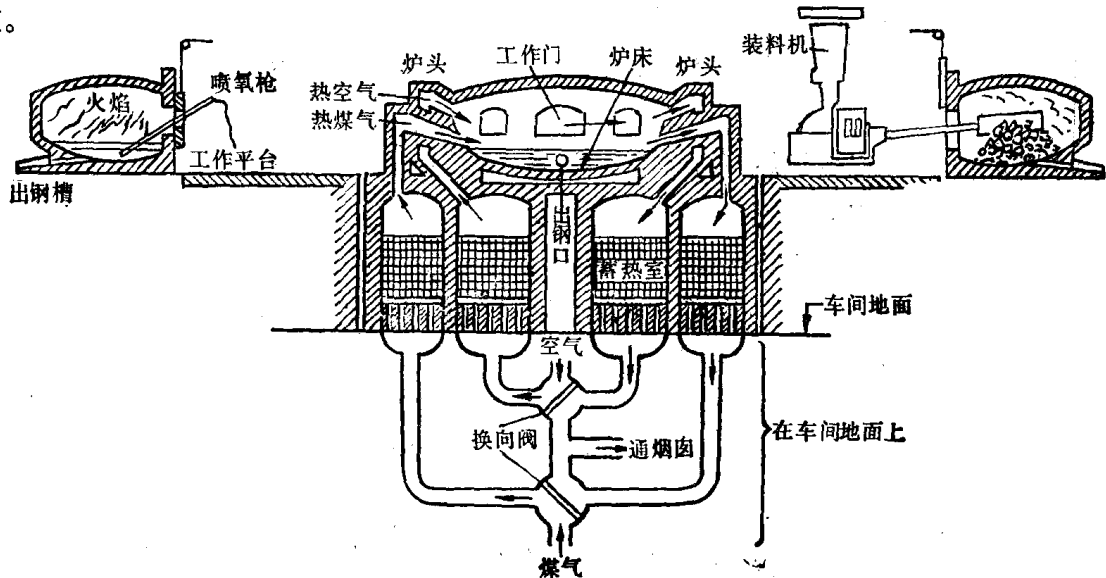


图 1-3 平炉炼钢示意图

现在常用的平炉容量是 50~220t,最大可达 660t。

### (二) 平炉炼钢(碱性法)操作过程

每次冶炼之前都要修补炉床,然后装入废钢、石灰、铁矿石和生铁(铁水或生铁块)。在先期加热熔化过程中,是依靠铁矿石进行氧化的。等到固体原料全部熔化,即插入喷氧枪吹炼,进入到中期的主要氧化阶段。

这时经常要把含磷、硫较高的炉渣由工作门排出,接着又加入石灰和铁矿石制造新的碱性渣。这样就能有效地除磷、除硫。由于平炉炼钢过程中有充分的时间进行这项工作,因此除磷较净,除硫效果也好。这是平炉炼钢不同于转炉炼钢的工艺特点之一。

后期精炼时应当停止吹氧,只依靠火焰或加入少量精铁矿进行缓和的氧化作用。精炼的目

的是控制成分和除气、除渣。

这时钢水平静，CO 气泡缓缓从钢水中上升，帮助钢水中的炉渣和氢、氮等气体上浮逸出。这是平炉炼钢不同于转炉炼钢的工艺特点之二。

最后是脱氧、增碳和出钢。整个的操作过程，每炉约需 4~10h。

### (三) 平炉炼钢法的生产特点

平炉炼钢用火焰加热，氧化程度可以调节，操作灵活机动，因此应用的原料不受限制，并能冶炼常用的各种钢种，适用范围较广。但建设平炉炼钢厂的投资浩大，生产率较低。平炉钢的质量虽略胜于转炉钢，但成本较高。因此，现在平炉炼钢法已退居第二位了。

## 五、电炉炼钢法

### (一) 电弧炉

一般炼钢的电炉是电弧炉，如图 1-4 所示。它是依靠电极与原料之间产生的高温电弧来进行加热熔炼的。炉顶可以开启，以便迅速装入原料。为了便于放渣和出钢，整个炉体安装在齿条上，可以前后倾侧。

由于电能较贵，所以电炉炼钢的原料，主要采用废钢。因此，一般都用铁矿石来氧化。如果原料中有一定数量的生铁，也适当的应用纯氧吹炼。

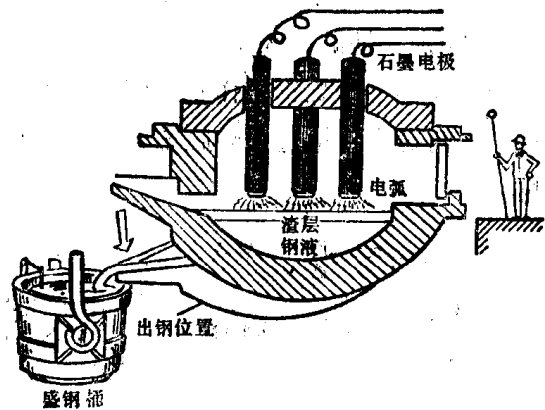


图 1-4 电弧炉炼钢示意图

现在常用的电弧炉容量都在 20t 以下，也有高达 100~200t 的。

### (二) 电炉炼钢(碱性法)的冶炼特点

电炉炼钢过程的前阶段与平炉炼钢法基本相同。由于所用的原料主要是废钢，所以氧化作用比较缓和，脱碳、除磷、除气、除渣等所需时间较短。电炉炼钢的主要冶炼特点是最后要进行还原精炼。

效果较佳的方法是用碳化钙渣还原法。先把前阶段的氧化渣放尽，然后加入石灰、萤石和焦炭粉的混合物。在高温的电弧作用下，炉渣中产生了  $\text{CaC}_2$ 。 $\text{CaC}_2$  有强烈的脱氧和除硫的能力：



因为电炉内可以与外界空气隔离，而保持还原性的气氛，所以脱氧、除硫的效果最好。这是电炉炼钢的最大工艺特点。

还原精炼后，一般不再需要脱氧增碳，就可以出钢。整个操作过程，每炉约需 3~8h。

### (三) 电炉炼钢法的生产特点

电炉炼钢法能有效地去除磷、硫、氧、氮、氢和渣等有害杂质，产品质量最高。由于脱氧较净，加入贵重的合金元素不易造成损失，所以特别适宜于冶炼优质的合金钢。但生产率较低，消耗电能成本较贵，所以电炉炼钢法主要用于生产高质量的钢种

## 六、钢 锭

上述各种炼钢法所得的钢水,除极少数用以浇铸钢铸件外,其余都浇铸成为钢锭,如图 1-5 所示。钢锭是用于轧钢和锻造大型锻件的毛坯,每锭重自 100kg 至 300t 以上。钢锭分为镇静钢锭和沸腾钢锭两类,如图 1-6 所示。

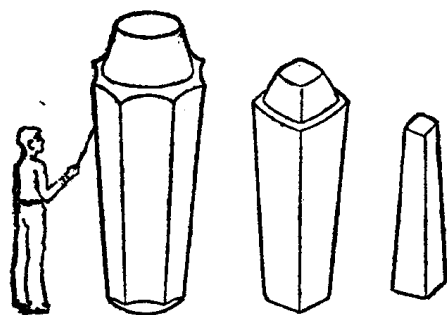


图 1-5 钢锭

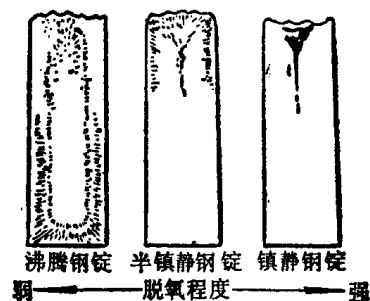
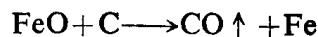


图 1-6 镇静钢锭和沸腾钢锭

镇静钢在冶炼过程中经过了充分脱氧,浇注时钢水平静;凝固后内部组织致密,质量较高。但会在钢锭的顶部形成相当深的缩孔,使用时必须切除,因此浪费较大。

沸腾钢在冶炼过程中不进行充分脱氧。钢水浇入钢锭模后,溶解在钢水中的 FeO 向内部偏析集中,与碳产生下列反应:



CO 从钢水中逸出,造成了钢水的沸腾现象。当钢锭顶部的钢水凝固后,陆续产生的 CO 气体就被封闭在钢锭内部,形成许多小气泡。这些小气泡所占据的容积,抵销了钢水凝固时的体积收缩。因此沸腾钢锭中不产生集中的缩孔,钢锭可利用的部分较大;而且还节省了脱氧费用,经济价值较高。但是,沸腾钢只能是低碳钢;沸腾钢锭只能用于轧制钢材,不能用于锻造。

## 第三节 钢 材

### 一、轧 钢

轧钢是钢料在轧辊间受压变形的加工方法,能生产各种规格的型钢、钢板、钢管等很多种钢材,如图 1-7 所示。钢板和钢轨的轧制,以及无缝钢管的穿孔,如图 1-8 所示。

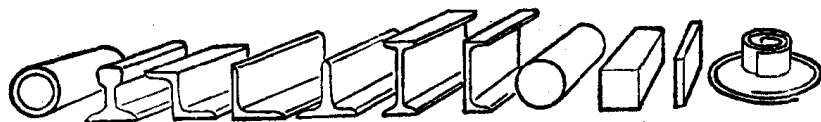


图 1-7 轧制的钢材

生产各种钢材所用的原始坯料是钢锭。把钢锭轧成钢材,一般都分成两个步骤:先在初轧机

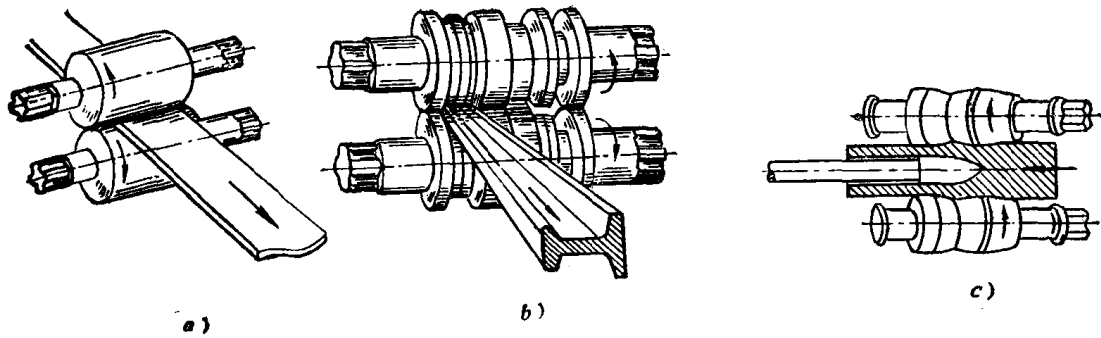


图 1-8 钢板、钢轨和无缝钢管的轧制

上轧成钢坯,以改善钢的结晶构造和性能,然后在不同的轧钢机上轧成各种形状和规格的钢材。为了减小钢料的变形阻力,一般都采用热轧。只有在生产 4 毫米以下的薄钢板时,才应用冷轧。

## 二、拉 拔

拉拔的坯料是轧制的棒料、盘条和管子。拉拔的基本过程如图 1-9 所示。坯料在拉力作用下,通过漏斗形的模孔,使截面缩小,并按模孔的形状变形,同时长度增加。因为拉拔是在室温下进行的,所以成品的表面光滑,尺寸精确。

拉拔的主要用途如下:

- (1) 提高热轧棒料的精度和光洁度,以减少或代替切削加工。由于加工硬化作用,还能提高棒料表面的耐磨性。
- (2) 生产直径小于 6mm 的钢丝,能获得精确的尺寸。例如生产直径为 1.0~1.6mm 的钢丝,就能保证公差在 0.02mm 以内。

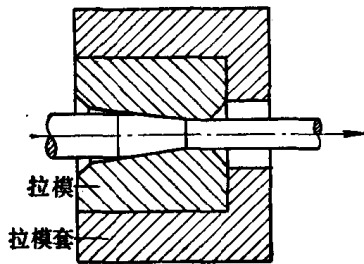


图 1-9 拉拔过程

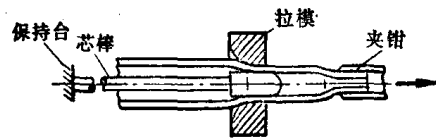


图 1-10 拉拔管子

- (3) 生产小直径薄壁管件,如图 1-10 所示。能把管坯的直径缩小,也能减薄管壁。
- (4) 生产异型的钢材和管件,如图 1-11 所示。

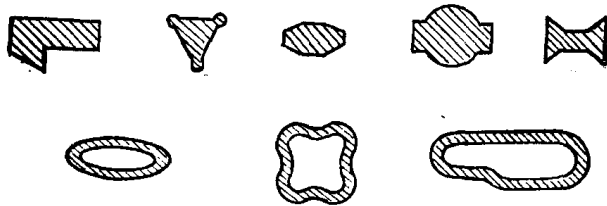
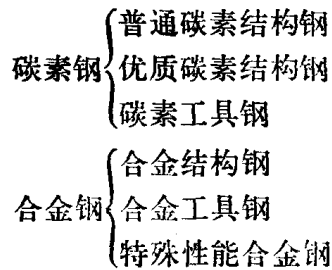


图 1-11 异型钢材

## 第四节 钢的分类和应用

钢的种类繁多,但可以概括的分为碳素钢和合金钢两大类:



### 一、碳素钢

习惯上,常根据含碳量的多少,把碳素钢分为:低碳钢( $<0.25\%C$ ),中碳钢( $0.25\sim 0.6\%C$ ),以及高碳钢( $0.6\sim 1.4\%C$ )。国家牌号则按质量和用途,把碳素钢分为下列三类。

#### (一) 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢的平均含碳量为  $0.1\sim 0.6\%$ ,含磷量 $\leq 0.045\%$ ,含硫量 $\leq 0.055\%$ 。

这类钢的炼制过程比较简单,生产费用较低,价格便宜,广泛地应用于工程建设、车辆、船舶,以及一般的桥梁、容器等金属结构。普通碳素结构钢是属于工程结构钢,由于价格低廉,所以也常用于制造要求不高的机器零件,如螺钉、螺栓、螺母、垫圈以及手柄、小轴等。

按照供应时所保证的技术条件不同,普通碳素结构钢又分为三种,列于表 1-1 中。

表 1-1 普通碳素结构钢的分类和牌号

名称	供应条件	牌 号	
		低 碳 钢	中 碳 钢
甲类钢	保证机械性能	A0 A1 A2 A3 A4 A0F A1F A2F A3F A4F	A5 A6 A7
乙类钢	保证化学成分	B0 B1 B2 B3 B4 B0F B1F B2F B3F B4F	B5 B6 B7
特类钢	两者都保证	C2 C3 C4 C2F C3F C4F	C5
附 注	1. 随着钢号增大,钢的含碳量增加,强度硬度增高,塑性韧性下降; 2. F 代表沸腾钢		

#### (二) 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢的供应条件是既保证机械性能,也保证化学成分。这类优质钢在冶炼过程中,都要进行适当的精炼,不仅含碳量准确,而且去除磷、硫等杂质较净( $\leq 0.04\%P$ ,  $\leq 0.04\%S$ )。因此,这类钢的塑性和韧性较普通碳素结构钢为高,在淬火、焊接、锻造和冷变形的过程中不易开裂,广泛的应用于制造较为重要的机器零件。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示: 08, 10, 15, 20……85, 例如 15 号钢的平均含碳量为  $0.15\%$ 。

08钢是冷变形钢。15、20钢是一般的表面渗碳钢,用于制造导套、挡块、摩擦片等耐磨零件。40、45、50钢属于调质钢,主要用于制造齿轮、丝杠、连杆和各种轴类等零件。65~85钢则是碳素弹簧钢。

### (三) 碳素工具钢

碳素工具钢的平均含碳量为0.7~1.3%,属于高碳钢,具有较高的硬度和耐磨性。主要用于制造刀具、量具和模具,也用于制造耐磨零件。与结构钢相比,这类钢的质量较高,要求磷、硫等杂质的含量特别低,是经过精炼的优质钢。

碳素工具钢的牌号有两组:T7、T8、……T13,  $\leq 0.035\%P$ ,  $\leq 0.03\%S$ 和T7A、T8A、……T13A,  $\leq 0.03\%P$ ,  $\leq 0.02\%S$ 。两组钢的区别在于磷、硫含量的多少。牌号后有A的是高级优质碳素工具钢,磷、硫含量较低,脆性较小。牌号中的数字代表这号钢含碳量的高低,例如T8钢的含碳量为0.8%

## 二、合金钢

在碳素钢的基础上,再含有一些Cr、Ni、Mo、W、V、Ti、B等元素,或者含有较多的Si、Mn元素,就成为合金钢。

习惯上,常根据合金元素含量的多少,把合金钢分为:低合金钢( $<2.5\%$ ),中合金钢(2.5~10%),以及高合金钢( $>10\%$ )。一般也按用途把合金钢分为下列三类。

### (一) 合金结构钢

合金结构钢又分为两种。一种是普通低合金结构钢,属于工程结构钢,广泛的用于桥梁、船舶、车辆、油管等金属结构。常用的牌号有16Mn、15MnTi、15MnV等。这种钢是在普通碳素结构钢( $<0.2\%C$ )的基础上增加少量合金元素而成,强度有显著的提高,而价格则相差无几。

另一种合金结构钢是制造重要零件的机器结构钢,含碳量 $\leq 0.5\%$ 。它是在优质碳素结构钢的基础上增加某些合金元素而成的,常用的牌号有15Cr、40Cr、35CrMo、18CrMnTi、38CrMoAlA等,可用于制造活塞销、连杆螺栓、变速齿轮和精密镗杆等零件。这类零件都必须进行适当的热处理,才能达到所需的机械性能。使用这些合金结构钢则能显著地改善热处理工艺性能,而获得优质产品。

### (二) 合金工具钢

合金工具钢是制造刀具、量具和模具的钢材。这类钢进行适当的热处理之后,能获得很高的硬度和耐磨性。介绍几种常用合金工具钢的牌号和用途如下:

3Cr2W8——压铸模具钢;

5CrNiMo——锻造模具钢;

Cr12——冷冲模具钢;

9CrSi——低合金刃具钢,用于板牙、丝锥、铰刀、搓丝板等;

CrWMn——淬火低变形钢,用于长的铰刀、丝锥、拉刀、精密丝杠等;

W18Cr4V——高速钢,用于车刀、铣刀、麻花钻等。



### (三) 特殊性能合金钢

合金钢还具有特殊的物理化学性能,如耐蚀、耐热、抗氧、耐磨、抗磁、导磁等。介绍几种主要的钢种和牌号如下:

不锈钢——1Cr13、1Cr18Ni9Ti 等;

耐热钢——15CrMo 是典型的锅炉钢,4Cr10Si2Mo 是排气阀门钢;

耐磨钢——ZGMn13 是著名的耐磨铸钢,用于掘土机铲齿、拖拉机履带、碎石机颚板等;

导磁钢——D3200 等就是电器工业用的硅钢片。

### 复 习 题

- (1) 说明钢、生铁、铸铁的区别。
- (2) 现代炼钢都是以生铁为主要原料,能否用铁矿石直接炼成钢?
- (3) 高炉炼铁能否用煤作为燃料?
- (4) 钢铁熔炼为什么常用石灰石作为熔剂?有时还配入适量萤石,它们的作用是什么?
- (5) 说明生铁中碳、硅、锰、磷、硫的来源,以及炼钢生铁与铸造生铁的区别。
- (6) 炼钢过程既然是氧化和降低含碳量,为什么最后还要脱氧增碳?如何脱氧增碳?
- (7) 酸性炼钢法与碱性炼钢法的区别何在?为什么用碱性法所产钢的质量较酸性法为低?
- (8) 说明转炉、平炉和电炉三种炼钢法的基本过程,并比较它们的生产特点。
- (9) 钢锭是什么?镇静钢锭与沸腾钢锭的区别何在?
- (10) 各种钢材是怎样获得的?轧与拉的应用有何区别?能否把钢液直接浇铸成钢材?
- (11) 低碳钢、中碳钢、高碳钢,在性能上有何特征?
- (12) 优质钢的含义是什么?在炼钢过程中有何要求?
- (13) 指出碳素钢的牌号、含碳量、性能之间的一般关系。识别常见合金钢牌号的成分和种类。
- (14) 指出常用碳素钢的几种牌号及其用途。
- (15) 指出合金钢的一般特性及其应用。