

972138

TF4
4055

• 高等学校教学用书 •

钢铁冶金概论

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

高等学校教学用书

钢铁冶金概论

北京科技大学 李 慧 主编

冶金工业出版社

(京)新登字 036 号

高等学校教学用书
钢铁冶金概论

北京科技大学 李慧 主编

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号)

新华书店总店科技发行所发行

灵山胶印厂印刷

787×1092 1/16 印张 16.25 字数 386 千字

1993 年 11 月第一版 1993 年 11 月第一次印刷

印数 00,001~8,600 册

ISBN 7-5024-1238-7

TF·293(课) 定价 7.65 元

前 言

《钢铁冶金概论》是根据冶金、有色系统高等院校“八五”教材出版规划编写的。本书主要作为高等院校的冶金管理工程、冶金热能利用、压力加工以及其它非钢铁冶金专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

本书主要内容包括:冶金基本概念;冶金的能源、能耗、耐火材料及环保等基本知识;高炉炼铁及铁矿石的开采、富选、造块;焦炭的生产;铁合金的生产;各种炼钢方法及炉外精炼技术;钢的浇注等。同时,还简要介绍了钢铁生产的主要设备、产品与副产品以及钢铁冶金技术的发展。全书以介绍钢铁冶炼过程的基本原理和工艺特点及基本工艺流程为重点,使读者对钢铁联合企业的生产过程有一个全面而概括的了解,并初步掌握冶金的基本知识。

本书由北京科技大学李慧主编。第1~3章由北京科技大学顾飞编写;第4~6章由华东冶金学院龙世刚编写;第7~11章及14章由李慧编写;第12~13章由昆明工学院杨文樑编写。

1992年4月召开了审稿会。参加会议的有北京科技大学赵玉祥,东北工学院施月循,武汉钢铁学院徐曾启等。他们对本书提出了许多宝贵意见,编者对参加讨论、审查的同志表示衷心的感谢!

由于时间紧迫,加之水平有限,经验不足,难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

1992年9月于北京

01054/09

目 录

1	绪论	1
1.1	冶金基本概念	1
1.2	钢铁工业	2
1.3	钢铁冶炼	6
1.4	钢铁产品及副产品	8
1.5	钢铁工业能源及能耗	10
1.6	耐火材料	14
1.7	环境保护	18
2	高炉冶炼用原料	21
2.1	铁矿石	21
2.2	铁矿石的开采	26
2.3	铁矿石的富选	36
2.4	铁矿粉造块	39
2.5	燃料	48
2.6	熔剂	50
2.7	锰矿石及其它含铁原料	51
3	高炉炼铁	53
3.1	高炉冶炼过程及特点	53
3.2	燃烧反应	56
3.3	还原反应	59
3.4	造渣过程	69
3.5	生铁形成	76
3.6	炉料与煤气运动	77
3.7	炼铁技术的发展	85
3.8	高炉生产主要技术经济指标	88
4	高炉结构及附属设备	90
4.1	高炉本体	90
4.2	高炉附属系统	97
5	高炉操作	105
5.1	开炉、休风、停炉	105
5.2	基本操作制度	107
5.3	炉况判断	109
6	非高炉炼铁	113
6.1	概述	113
6.2	直接还原法	114
6.3	熔融还原	119

7	铁合金生产	121
7.1	概述	121
7.2	铁合金生产的基础	122
7.3	铁合金的生产方法	124
7.4	硅、锰、铬系铁合金的生产	126
7.5	铁合金生产的发展	133
8	炼钢基本原理	134
8.1	炼钢的基本任务	134
8.2	炼钢炉渣	134
8.3	炼钢过程的基本反应	136
9	炼钢用原材料	156
9.1	金属料	156
9.2	辅助材料	157
10	氧气转炉炼钢	159
10.1	氧气顶吹转炉炼钢	159
10.2	氧气底吹转炉炼钢	180
10.3	顶底复合吹炼转炉	185
10.4	氧气转炉的新技术	191
11	平炉炼钢法	195
11.1	平炉炼钢法的特点	195
11.2	平炉构造概述	196
11.3	平炉废钢矿石法的熔炼工艺	198
11.4	平炉的改造	199
12	电炉炼钢	201
12.1	概述	201
12.2	现代炼钢电弧炉的构造	202
12.3	电弧炉炉衬的砌筑	204
12.4	电弧炉的电气设备	205
12.5	碱性电弧炉的熔炼工艺	207
12.6	电弧炉炼钢的新技术及发展趋势	212
12.7	其它电炉炼钢法	214
12.8	炼钢车间的主要技术经济指标	217
13	炉外精炼	220
13.1	概述	220
13.2	炉后处理技术	220
13.3	真空处理	222
13.4	钢包精炼	224
13.5	氩氧精炼	226
13.6	炉外精炼法冶金效果的比较	226

14	钢的浇注.....	228
14.1	模铸钢锭法工艺概述.....	228
14.2	连续铸钢.....	242

1 绪 论

1.1 冶金基本概念

冶金是一门研究如何经济地从矿石或其它原料中提取金属或金属化合物,并用各种加工方法制成具有一定性能的金属材料的科学。

用于提取各种金属的矿石具有不同的特性,故提取金属要根据不同的原理,采用不同的生产工艺过程和设备,从而形成了冶金的专门学科——冶金学。

冶金学以研究金属的制取、加工和改进金属性能的各种技术为重要内容,发展到对金属成分、组织结构、性能和有关基础理论的研究。就其研究领域,冶金学分为提取冶金和物理冶金两门学科。

提取冶金学是研究如何从矿石中提取金属或金属化合物的生产过程,由于该过程伴有化学反应,故又称化学冶金。

物理冶金学是通过成型加工制备有一定性能的金属或合金材料,研究其组成、结构的内在联系,以及在各种条件下的变化规律,为有效地使用和发展特定性能金属材料服务。它包括金属学、粉末冶金、金属铸造、金属压力加工等。

1.1.1 冶金方法

从矿石或其它原料中提取金属的方法很多,可归结为以下三种方法:

(1)火法冶金。它是指在高温下矿石经熔炼与精炼反应及熔化作业,使其中的金属和杂质分开,获得较纯金属的过程。整个过程可分为原料准备、冶炼和精炼三个工序。过程所需能源,主要靠燃料燃烧供给,也有依靠过程中的化学反应热来提供的。

(2)湿法冶金。它是在常温或低于 100°C 下,用溶剂处理矿石或精矿,使所要提取的金属溶解于溶液中,而其它杂质不溶解,然后再从溶液中将金属提取和分离出来的过程。由于绝大部分溶剂为水溶液,故也称水法冶金。该方法包括浸出、分离、富集和提取等工序。

(3)电冶金。它是利用电能提取和精炼金属的方法。按电能形式可分为两类:

1)电热冶金:利用电能转变成热能,在高温下提炼金属,本质上与火法冶金相同。

2)电化学冶金:用电化学反应使金属从含金属的盐类的水溶液或熔体中析出。前者称为溶液电解,如铜的电解精炼,可归入湿法冶金;后者称为熔盐电解,如电解铝,可列入火法冶金。

采用哪种方法提取金属,按怎样的顺序进行,在很大程度上取决于所用的原料以及要求的产品。冶金方法基本上是火法和湿法,钢铁冶金主要用火法,而有色金属冶炼则火法和湿法兼有。

1.1.2 主要冶金过程简介

在生产实践中,各种冶金方法往往包括许多个冶金工序,如火法冶金中有选矿、干燥、煅烧、焙烧、烧结、球团、熔炼、精炼等工序。本节重点介绍以下工序:

1)干燥:除去原料中的水分。干燥温度一般为 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。

2) 焙烧:是指将矿石或精矿置于适当的气氛下,加热至低于它们的熔点温度,发生氧化、还原或其它化学变化的冶金过程。其目的是为改变原料中提取对象的化学组成,满足熔炼的要求。按焙烧过程控制气氛的不同,可分为氧化焙烧、还原焙烧、硫酸化焙烧、氯化焙烧等。

3) 煅烧:是指将碳酸盐或氢氧化物的矿物原料在空气中加热分解,除去二氧化碳或水分变成氧化物的过程,也称焙解。如石灰石煅烧成石灰,作为炼钢熔剂。

4) 烧结和球团:将粉矿经加热焙烧,固结成多孔块状或球状的物料,是粉矿造块的主要方法。

5) 熔炼:是指将处理好的矿石或其它原料,在高温下通过氧化还原反应,使矿石中金属和杂质分离为两个液相层即金属液和熔渣的过程,也叫冶炼。按冶炼条件可分为还原熔炼、造钎熔炼、氧化吹炼等。

6) 精炼:进一步处理熔炼所得含有少量杂质的粗金属,以提高其纯度。如熔炼铁矿石得到生铁,再经氧化精炼成钢。精炼方法很多,如炼钢、真空冶金、喷射冶金、熔盐电解等。

可见,冶金过程是应用各种化学和物理化学的方法,使原料中的主要金属和其它金属或非金属元素分开,以获得纯度较高的金属的过程。

冶金是一门多学科的综合运用科学,一方面,冶金学不断吸收其它学科特别是物理学、化学、力学、物理化学、流体力学等方面的新成就,指导着冶金生产技术向新的广度和深度发展;另一方面,冶金生产又以丰富的实践经验充实冶金学的内容,也为其它学科提供新的金属材料 and 新的研究课题。电子技术和电子计算机的发展和运用,对冶金生产产生了深刻的影响,促进了新金属和新合金材料不断产出,进一步适应了高精尖科学技术发展的需要。

1.2 钢铁工业

1.2.1 钢铁是使用最多的金属材料

人类自进入青铜器时代以来,同金属材料及其制品的关系日益密切。在现代社会中,人们的衣食住行都离不开金属材料,人们从事生产或其它活动所用的工具和设施,也都要使用金属材料。可以说,没有金属材料便没有人类的物质文明。而在使用的金属材料中,钢铁材料用得最多,其产量与其它金属相比占绝对优势,见图 1-1。

钢铁工业是国家的基础工业之一,机械、交通运输、建筑、国防和民用等所有工业部门,都离不开钢铁材料。钢铁产量往往是衡量一个国家工业水平和生产能力的主要标志,钢铁的质量和品种对国民经济其它工业部门产品的质量,都有着极大的影响。

钢铁之所以成为使用最多的金属

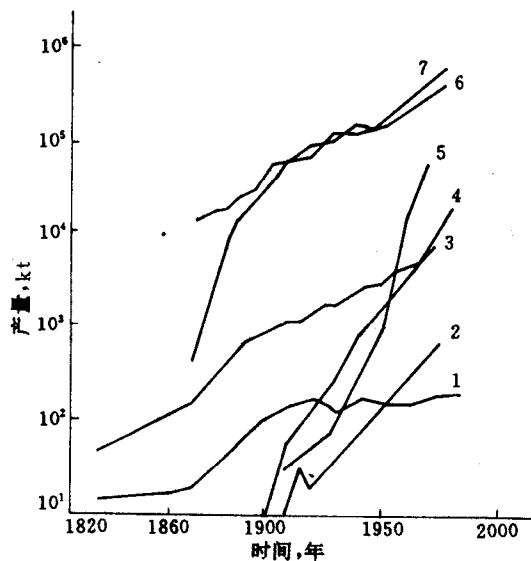


图 1-1 世界主要工业材料的产量

1-锡;2-镍;3-铜;4-铝;5-塑料;6-生铁;7-钢

材料,其原因:

1)就金属元素而言,铁在自然界中的储藏量仅次于铝,居第二位,而且多形成巨大的铁矿床,通常铁矿石中铁的含量为25~70%。

2)铁矿石冶炼和加工较容易,且生产规模大、效率高、质量好和成本低,具有其它金属生产无可比拟的优势。

3)钢铁具有良好的物理、机械和工艺性能,如有较高的强度和韧性、热和电的良好导体、耐磨、耐腐蚀、焊接及铸造加工性好等。

4)将某些金属(如镍、铬、钒、锰等)作为合金元素加入铁中,就能获得具有各种性能金属材料。

5)钢铁通过热处理能调整其机械性能,以满足国民经济各方面的需要。

钢铁材料由于具有以上特点,因此在现代工业中应用最广。但钢铁也存在着种种缺点,如较容易生锈且较重。产量仅次于铁的铝却不易生锈,重量也轻。但铝的冶炼比铁困难,且强度较差。塑料的迅速发展在某些用途上可代替钢铁,但塑料未影响钢铁材料用途的增长。从图1-1中可看出,目前世界钢铁产量随着国民经济的发展仍在不断增长,而且近年来钢铁材料与各种有色金属及合金、有机合成材料、无机非金属材料等组成复合材料,使其用途进一步扩大。因此,目前还没有哪一种材料能取代钢铁现有的地位。

1.2.2 钢与生铁的区别

钢与生铁都是以铁元素为主,并含有少量碳、硅、锰、磷、硫等元素的铁碳合金。根据含碳和其他元素含量的不同而区分为钢和生铁,特别是碳含量的差别,引起铁碳合金在不同温度下所处的状态和结构的变化,因而使钢和生铁具有不同的性能和用途。一般地说,含碳量大于2%的为生铁,含碳量小于2%为钢。钢铁中常见元素的含量见表1-1。

表1-1 钢铁中常见元素的含量,%

元素	C	Si	Mn	P	S
生铁	>2	0.2~2.0	0.2~2.5	≤0.50	≤0.07
钢	<2	0.01~0.3	0.3~0.8	<0.05	<0.05

生铁含碳较高,其性质硬而脆,不能锻造。它主要用于铸造电动机外壳、变速箱壳体、机床床体与支架以及其它机械零件等。在世界各国生铁产量中,大部分是作为炼钢原料,进一步精炼成钢。而只有10%左右用于铸造各种部件和零件。

钢具有比生铁更好的综合机械性能,如有较高的机械强度和韧性;可塑性好,易加工成各种形状的钢材和制品;能铸造、轧制、锻造和焊接;具有良好的导电、导热性能。若在钢中添加一些合金元素,则可得到特殊性能的钢种,如不锈钢、耐热钢、耐酸钢等。若对钢进行热处理,可在颇大范围内改变同一成分钢的性能,如两块含碳0.8%的钢,其中一块经加热至770℃,在炉内进行缓慢冷却(退火),得到硬度和强度较低的钢。另一块同样加热至770℃,然后放入水中急冷(淬火),其硬度和强度就较前者高3~4倍。图1-2表示钢的机械性能随含碳量变化的规律。

1.2.3 钢铁冶炼技术发展简史

冶金技术和金属的使用是同人类的文明紧密联系在一起,在新石器时期,人类开始使用金属,此时的制陶技术(用高温和还原气氛烧制黑陶)促进了冶金技术的产生和发展。冶金技术的发展,提供了青铜、铁等金属及各种合金材料制造的生活用具、生产工具和武器等,提

高了社会生产力,推动了社会进步。人类从使用石器、陶器进入到使用金属,是文明的一次飞跃。研究表明,人类使用天然金属(主要是铜)距今大约 8000 年。使用铁器是人类文明的又一重大进步,最早炼铁是在黑海南岸的山区,大约公元前 14 世纪。到公元前 13 世纪,铁器应用在埃及已占一定的比重。春秋末期,中国的冶炼技术有很大的突破,使中国在这一领域长期遥遥领先。中国、印度、北非和西亚地区冶金技术的进步,同那里的古代文明紧密相关。16 世纪以后,生铁冶炼技术向西欧各国传播,导致了用煤冶炼铁为基础冶金技术的发展。

钢铁冶炼技术从远古到今天的现代化钢铁联合企业,大致可分为三个发展阶段。

(1)远古至 13 世纪末。古代人的冶炼方法十分简单,利用自然地形将铁矿石与木炭一起放入称为地窑炉的炉膛内,加热冶炼。因不能获得熔化矿石的高温,仅能制成半熔融状态的铁块,其中混杂有相当多的氧化铁渣,称作海绵铁。其含碳极低,所以塑性较高,经锻打成型,制作器具。在此时期,冶炼工场在出产铁矿石和木材丰富的山区非常发达。

(2)13 世纪末至 19 世纪中叶。随着铁的需要量增加以及鼓风技术的发展,炉子越来越高,逐渐形成现代高炉的锥形木炭高炉。由于炉容增大,采用鼓风技术,使单位时间内燃烧的燃料量增加了,炉内温度提高,能得到熔融状态的生铁,这种生铁冷却后很脆,不能锻造成器具,而被当作废物扔掉。后来将生铁作原料和矿石、木炭一起在炉内再进行冶炼,得到性能比生铁好的粗钢(也叫熟铁)。从此钢铁冶炼就开始形成了一直沿用至今的**二步冶炼法**:第一步从矿石中冶炼出生铁;第二步把生铁精炼成钢。随着时代的进步,高炉燃料从木炭发展到焦炭,鼓风动力用蒸汽机代替水力(风力),产量也不断增长。

(3)19 世纪中期至今天。以生铁为原料在高温下精炼成钢,一直是钢铁生产的主要方法。在此期间,高炉鼓风由热风代替冷风,并建立了蓄热式热风炉,鼓风动力采用电力。确立了作为生铁精炼炉的转炉、平炉、电炉的炼钢法。

1856 年英国人贝氏发明了空气底吹酸性转炉炼钢法。

1864 年法国人马丁利用英国人西门子的蓄热原理发明了平炉炼钢法,该法具有对原料的适应性强、冶炼品种多、钢质量好、熔炼过程容易控制等特点,故自从平炉问世以来的大约一百多年中,在世界钢产量中平炉钢占绝对优势,直到 1955 年平炉钢仍占世界钢产量的 80%。

1874 年托马斯发明了空气底吹碱性转炉炼钢法,在炼钢过程中能去除硫、磷。

20 世纪初赫劳特等发明了电弧炉炼钢,作为熔炼特殊钢和高合金钢的方法,并获得稳步的发展。

20 世纪中叶由于制氧机的制造成功,能提供大量廉价的氧气,为实现氧气炼钢创造了条件。

1952 年在奥地利的林茨城,1953 年在多纳维茨城,先后建成了氧气顶吹转炉车间并投

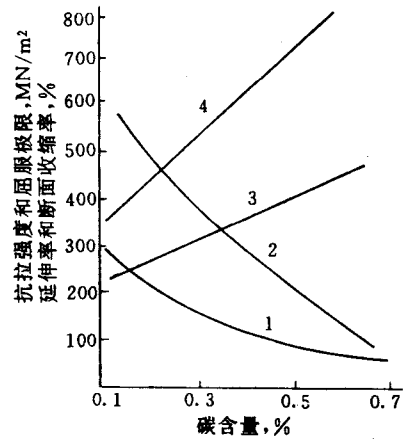


图 1-2 钢机械性能与含碳量的关系

1-延伸率;2-收缩率;

3-屈服极限;4-抗拉强度

入了生产。由于氧气顶吹转炉炼钢法(也称 LD 法)具有反应速度快、生产率高,不需用燃料和热效率高等优点,使其成为冶金史上发展最迅速的新技术,并逐渐取代平炉成为炼钢方法的主流。图 1-3 为各种炼钢方法在世界钢产量中所占的比重。由图 1-3 可见,20 世纪 50 年代以来,钢产量增长和氧气顶吹转炉发展有关,转炉钢产量目前已占钢总产量的一半以上。与此同时,其它各种炼钢方法普遍采用吹氧强化炼钢过程,不仅提高了钢的质量,而且显著降低了燃料、电力的单耗并提高了生产率。

目前炼钢技术发展主要有以下几个方面:

- 1)发展氧气底吹转炉法和顶底复合吹炼法。
- 2)引进真空技术,采用各种真空冶炼和炉外精炼技术,改善钢的质量,扩大产品品种。
- 3)发展连续铸钢技术,采用计算机控制,使炼钢工艺连续化。
- 4)采用大容量、超高功率的炼钢炉子,提高生产率,降低成本。

在炼铁技术方面发展趋势如下:

- 1)高炉容积不断扩大,出现了 5000m³ 级超大型高炉。
- 2)加强原料预处理环节,大力发展精料技术。
- 3)采用高风温、高压操作,高富氧鼓风、脱湿鼓风和喷吹燃料等新技术措施,以提高产量,降低焦比。
- 4)高炉设备不断改进,采用皮带运输上料、无料钟炉顶、炉前机械化和设置炉前除尘、外燃式热风炉等先进设备和新的测试仪器以及电子计算机,大大改善了工人的劳动条件,为钢铁冶炼更加合理化和自动化以及新技术开发创造了更有利的条件。

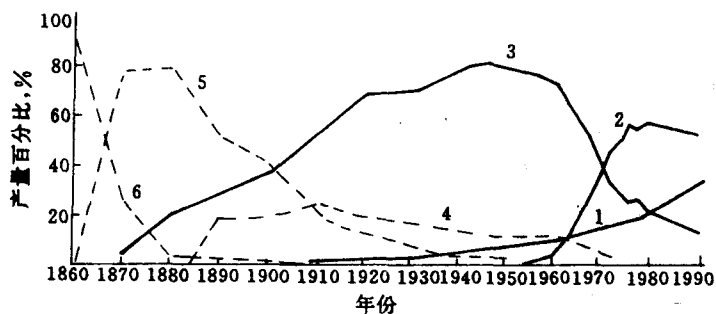


图 1-3 各种炼钢方法在世界钢产量中所占比重

1-电弧炉;2-氧气转炉;3-平炉;4-碱性空气转炉;5-酸性空气转炉;6-熟铁搅炼炉、坩埚炉

1.2.4 我国钢铁工业的发展

我国有丰富的铁矿石、有色金属、煤炭和水力资源等,是发展钢铁工业的基本条件。我国是世界上钢铁冶金起源最早的国家之一,早在春秋战国时代(公元前 8 世纪~5 世纪)就出现了生铁冶炼,制造出很锋利的宝剑和其他用具,在历史上有着极辉煌的成就。但在漫长的封建社会中,工业生产和科学技术发展缓慢,近代又受帝国主义侵略掠夺,钢铁工业技术和装备水平极为落后。自 1890 年张之洞在湖北建立汉阳钢铁厂开始,到 1949 年约半个世纪中,共产钢 760 万吨,最高年产量(1943 年)为 92.3 万吨。1949 年钢产量仅 15.8 万吨,生铁 25 万吨,居世界第 26 位。

新中国成立后,我国钢铁工业得到很大的发展,重建和新建了鞍钢、首钢、本钢、武钢、太

钢、马钢、包钢、攀钢、上海和天津等钢铁基地,1960年与1949年相比,钢铁年产量增加了40多倍,超过1000万吨,某些生产技术指标达到和接近当时的世界水平。1978年钢产量突破3000万吨,跃居世界第五位。特别是党的十一届三中全会以来,我国钢铁工业走向持续发展的阶段,目前钢产量已超过8000万吨,一些先进企业的技术经济指标已接近或超过世界水平。在钢的品种、质量上,充分利用我国的资源特点,建立了含硅、锰、镍、钨、钼、钒、钛、铌、硼、磷、稀土金属等合金钢体系。在技术装备水平等方面,也都取得了重大进展。但这还远不能满足我国社会主义现代化建设的需要,在今后几十年内,应以提高质量、扩大品种、降低成本和节约原材料及能源消耗为中心,发展现代钢铁冶炼技术,为建设有中国特色的社会主义发挥更大的作用。表1-2为新中国建立以来钢铁工业主要产品产量统计表。

表 1-2 我国钢铁工业主要产品产量

单位:万吨

年 份	钢	钢 材	生 铁	铁 矿 石
1949	15.80	14.00	25.20	59.00
1952	134.90	112.90	192.90	429.00
1960	1866.20	1175.00	2716.10	11279.00
1965	1223.00	894.90	1076.70	3149.00
1970	1778.60	1223.30	1705.50	6422.00
1975	2390.30	1621.70	2449.00	9694.00
1980	3712.40	2715.80	3802.40	11258.00
1985	4679.40	3962.80	4383.70	13735.00
1989	6158.72	4859.11	5820.03	17185.64
1990	6634.86	5153.21	6237.31	17935.00
1991	7099.99	5638.24	6765.37	19055.79

1.3 钢铁冶炼

1.3.1 钢铁冶炼工艺

钢铁冶炼的任务是把铁矿石冶炼成合格的钢。按从铁矿石炼制成不同钢铁产品的脱氧程度和脱碳过程,钢铁冶炼的工艺流程大致可分为如图1-4所示的几种:

(1)间接炼钢法。先将铁矿石还原熔化成生铁(高炉炼铁),然后再把生铁装入炼钢炉氧化精炼成钢(主要是转炉或平炉)。这个冶炼过程由高炉炼铁和转炉炼钢两步组成,也称间接炼钢法。由于其工艺成熟,生产率高,成本低,故是现代钢铁冶炼大规模生产的主要方法。

(2)直接炼钢法。由铁矿石一步冶炼成钢的方法为直接炼钢法(也称直接炼铁法)。该法不用高炉和昂贵的焦炭,而是将铁矿石放入直接还原炉中,用气体或固体还原剂还原出含碳低($<1\%$)、含有杂质的半熔融状的海绵铁。这种铁可用来代替废钢作电炉炼钢原料,从而形成了直接还原——电炉串联生产钢的一种新的钢铁生产工艺。这个流程虽然工序少,避免了反复氧化还原过程,但因铁分回收率低,要求使用高

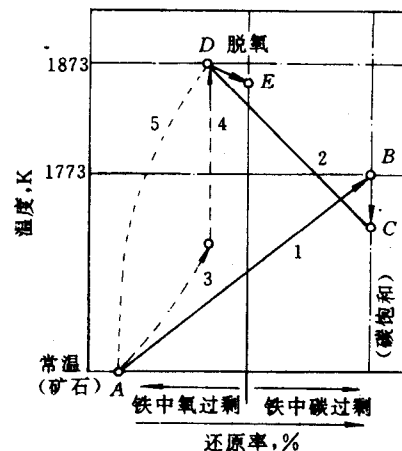


图 1-4 钢铁冶炼工艺流程
1—高炉炼铁;2—转炉炼钢;3—直接还原;
4—电炉;5—熔融还原

品位的精矿和高质量的一次能源,电耗高,因此一直没有付诸于大规模的工业生产,目前只是在某些地区作为典型钢铁生产方法的一种补充形式而存在。

(3)熔融还原法。将铁矿石在高温熔融状态下用碳把铁氧化物还原成金属铁的非高炉炼铁法。其产品为液态生铁,可用传统的转炉精炼成钢。典型的熔融还原法是个全粉末流程,用非焦煤代替昂贵的焦炭,故工艺简单,投资及成本低,是非高炉炼铁的一个新的技术方法。

1.3.2 钢铁生产工艺流程

现代钢铁生产过程是将铁矿石在高炉内冶炼成生铁,用铁水炼成钢,再将钢水铸成钢锭或连铸坯,经轧制等塑性变形方法加工成各种用途的钢材。具有上述全过程生产设备的企业,称为钢铁联合企业。一个现代化的钢铁联合企业,一般有以下生产环节组成:原料处理、炼铁、炼钢、轧钢、能源供应、交通运输等,是一个复杂而庞大的生产体系。其生产工艺流程如图 1-5 所示。

此外,在钢铁联合企业中,还设有工厂管理机构,科学研究机构,检验中心,耐火材料厂,

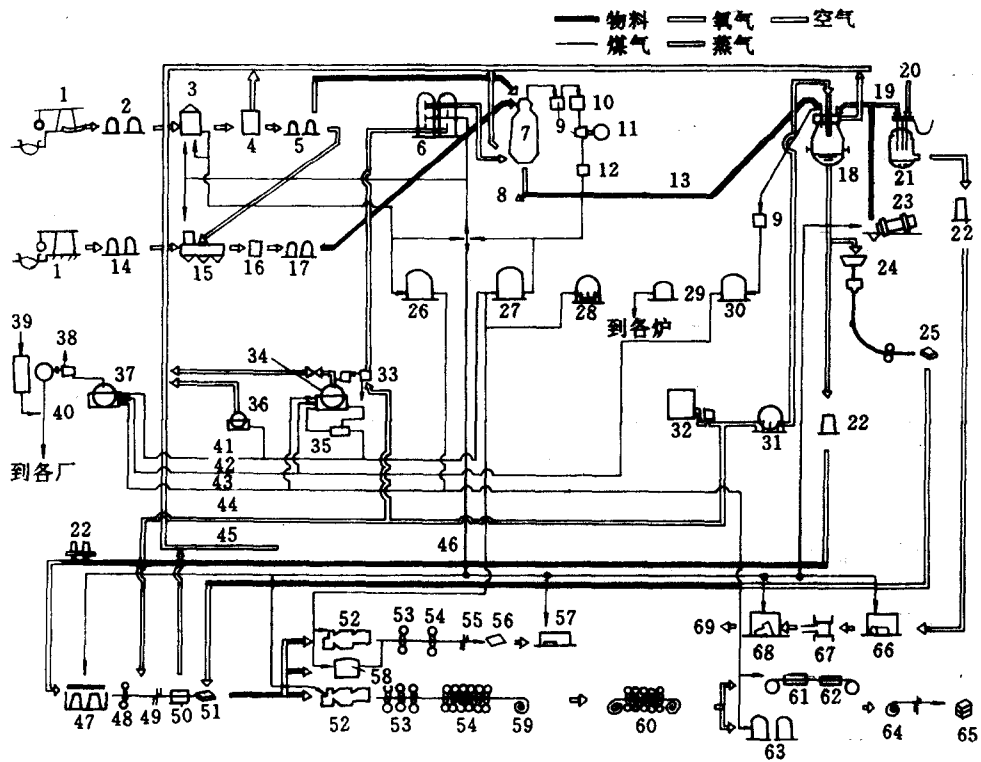


图 1-5 钢铁生产工艺流程

- 1—码头;2—煤场;3—焦炉;4—干熄焦;5—焦场;6—热风炉;7—高炉;8—高炉渣;9—除尘器;10—文氏管洗涤器;11—高炉顶压回收发电机;12—电除尘器;13—铁水;14—矿场;15—烧结机;16—冷却器;17—烧结矿场;18—转炉;19—石灰;20—废铁;21—电炉;22—铸锭;23—石灰窑;24—连铸;25—钢坯;26—焦炉煤气柜;27—高炉煤气柜;28—液化石油气罐;29—重油罐;30—转炉煤气柜;31—氧气罐;32—氧气发生设备;33—高炉鼓风机;34—高炉鼓风机用锅炉;35—换热器;36—低压锅炉;37—锅炉;38—汽轮机;39—电网;40—发电厂;41—高炉煤气;42—转炉煤气;43—焦炉煤气;44—氧气;45—蒸汽;46—混合煤气;47—均热炉;48—开坯和初轧机;49—剪切机;50—板坯冷却锅炉;51—板坯;52—连续加热炉;53—粗轧机;54—精轧机;55—剪切机;56—板;57—正火炉;58—周期式加热炉;59—卷材;60—冷轧;61—连续退火炉;62—平整;63—周期式退火炉;64—剪切剪;65—板材;66—加热炉;67—锻压机;68—热处理炉;69—锻件

备品备件创造加工厂,设备维修和环保等部门。

炼铁、炼钢是钢铁联合企业的关键工序,处于承前启后的地位,是二次能源(煤气)的供应中心,其产品质量、品种、产量是衡量钢铁联合企业生产水平的基本标志。

1.4 钢铁产品及副产品

1.4.1 钢铁冶炼产品

(1)生铁。它是铁和碳及少量硅、锰、硫、磷等元素组成的合金,主要由高炉生产,按其用途可分为炼钢生铁和铸造生铁。

炼钢生铁是炼钢的主要原料,按炼钢的要求,有不同的铁种和化学成分,我国现行的炼钢生铁国家标准见表 1-3。

铸造生铁一般含硅较高,用于铸造各种铸件,是钢铁厂的主要商品铁,占生铁产量的10%左右。按含硅量分成不同牌号,见表 1-4。

表 1-3 我国炼钢生铁标准

铁 号	牌 号		炼 04	炼 08	炼 10
	代 号		L04	L08	L10
化学 成分, %	硅		≤ 0.45	$> 0.45 \sim 0.85$	$> 0.85 \sim 1.25$
	锰	一组	≤ 0.30		
		二组	$> 0.30 \sim 0.50$		
		三组	> 0.50		
	磷	一级	≤ 0.15		
		二级	$> 0.15 \sim 0.25$		
		三级	$> 0.25 \sim 0.40$		
	硫	特类	≤ 0.02		
		一类	$> 0.02 \sim 0.03$		
		二类	$> 0.03 \sim 0.05$		
		三类	$> 0.05 \sim 0.07$		

表 1-4 我国铸造生铁规格

铁 号	牌 号		铸 34	铸 30	铸 26	铸 22	铸 18	铸 14	
	代 号		Z34	Z30	Z26	Z22	Z18	Z14	
化学 成分, %	碳		> 3.3						
	硅		$> 3.20 \sim 3.60$	$> 2.8 \sim 3.20$	$> 2.40 \sim 2.80$	$> 2.00 \sim 2.40$	$> 1.60 \sim 2.00$	$> 1.25 \sim 1.60$	
	锰	一组	≤ 0.50						
		二组	$> 0.50 \sim 0.90$						
		三组	$> 0.90 \sim 1.30$						
	磷	一级	≤ 0.06						
		二级	$> 0.06 \sim 0.10$						
		三级	$> 0.10 \sim 0.20$						
		四级	$> 0.20 \sim 0.40$						
		五级	$> 0.40 \sim 0.90$						
	硫	一类	≤ 0.03						≤ 0.04
		二类	≤ 0.04						≤ 0.05
		三类	≤ 0.05						

(2)钢。它是含碳量低于2%,并含有少量其它元素的铁碳合金,是社会生产和日常生活

所必需的基本材料。按组成元素不同,钢可分为碳素钢和合金钢。碳素钢含有规定的碳元素及其它元素如硅、锰等。为改善或获得某种性能在碳素钢的基础上,加入一种或多种适量元素的钢为合金钢。钢的品种规格目前已发展到上千种,为生产和使用方便,将钢的品种进行分类,我国常用的分类见表 1-5。

表 1-5 钢的分类

分类方法	类 别	名 称 及 要 求
冶 炼	冶炼设备	转炉钢、电炉钢、平炉钢
	脱氧程度	沸腾钢、镇静钢、半镇静钢
化 学 分 类	碳素钢	低碳钢 C<0.25% 中碳钢 C=0.25~0.60% 高碳钢 C>0.60%
	合金钢	低合金钢 合金元素总量 <3% 中合金钢 3-10% 高合金钢 >10%
质 量	普通碳素钢	甲类钢 } S<0.05%, P<0.045% 乙类钢 } 特类钢 }
	优质碳素钢	S<0.045%, P<0.04%
	高级优质钢	合金钢 S<0.02%, P<0.03%
用 途	结构钢	碳素结构钢,建筑用钢,机械用钢 弹簧钢,轴承钢,合金结构钢
	工具钢	碳素工具钢 合金工具钢 刃具用钢,量具用钢,模具钢 高速工具钢
	特殊性能钢	不锈钢,不锈钢酸钢,耐热不起皮钢,耐热合金,磁性材料

表 1-6 各类钢铁产品牌号表示符号(GB221-79)

名 称	采用汉字及其汉语拼音		采用符号	名 称	采用汉字及其汉语拼音		采用符号
	汉字	汉语拼音			汉字	汉语拼音	
甲类钢 } 乙类钢 } 特类钢 }	甲		A	船用钢	船	CHUAN	C
普通碳素钢用	乙		B	矿用钢	矿	KUANG	K
	特		C	压力容器用钢	容	RONG	R
氧气转炉钢	氧	YANG	Y	桥梁用钢	桥	QIAO	Q
碱性空气转炉钢	碱	JIAN	J	锅炉钢	锅	GUO	G
易切削钢	易	YI	Y	地质钻探钢管用钢	地质	DIZHI	D2
电工用热钢硅钢	电热	DIANRE	DR	锚链钢	锚	MAO	M
电工用冷轧无取向硅钢	电无	DIANWU	DW	汽车大梁用钢	梁	LIANG	L
电工用冷轧取向硅钢	电取	DIANQU	DQ	沸腾钢	沸	FEI	F
电工用纯铁	电铁	DIANTIE	DT	半镇静钢	半	BAN	b
碳素工具钢	碳	TAN	T	高级	高	GAO	A
滚珠轴承钢	滚	GUN	G	特级	特	TE	E
焊接用钢	焊	HAN	H	超级	超	CHAO	C
钢轨钢	轨	GUI	U	铸钢	铸	ZHUGANG	ZG
铆螺钢	铆螺	MAOLUO	ML				

钢的分类只能把具有共同特性的钢种划分和归纳为同一类,不能把每一种钢的特征都反映出来,因此还必须用钢号来表示。世界各国的钢号表示方法很不相同,各自采用本国的国家或部门的标准来命名和编号。我国用 GB211-79 表示钢铁产品牌号,见表 1-6。其表示

方法的原则为:1)牌号中化学元素用汉字或国际化学符号表示,如“碳”或“C”、“锰”或“Mn”等。2)采用汉语拼音字母表示产品名称、用途、特性和工艺等时,一般从代表该产品名称的汉字的汉语拼音中选取,原则上取第一个字母。当所选字母和另一产品代号重复时,取第二或第三个字母,一般不超过两个。

(3)铁合金。它是铁与一种或几种元素组成的中间合金,主要用于炼钢脱氧或作为合金添加剂,当采用金属热还原法生产其它铁合金和有色金属时作还原剂(详见第七章)。

1.4.2 钢铁副产品

(1)炉渣。炉渣是炉料在冶炼过程中不能进到生铁和钢中的氧化物、硫化物等形成的熔融体,其主要成分是CaO、MgO、SiO₂、Al₂O₃、MnO、FeO、P₂O₅、CaS等。根据冶炼方法的不同,钢铁生产产生的炉渣分为高炉渣和炼钢渣,按炉渣中含有不同的化学成分又可分为碱性渣和酸性渣。

我国高炉冶炼产生的渣量,因原料条件而异,通常冶炼一吨生铁产生的渣量平均为300~600kg。几乎所有的高炉炉渣用于制造水泥、隔热材料和填料等。

炼钢渣是炼钢过程的必然产物,占金属重量的12~15%。炼钢渣过去未被利用,长期以来被当成“废物”弃之渣场,近年来通过试验研究,利用途径日益扩大,可用于烧结、炼铁、制造水泥、修筑道路、回收废钢铁和富集提取所含稀有金属元素等,并取得了明显的社会效益和经济效益。

(2)煤气。钢铁生产中还能获得大量的可燃气,高炉炼铁可产生高炉煤气,转炉炼钢可获得转炉煤气,炼焦时可得焦炉煤气等。它们是冶金生产中的副产品,也是钢铁联合企业内部的重要气体燃料。各种煤气的性能、成分及用途见表1-7。

表 1-7 各种煤气成分及性能

煤气种类	来源	成 分,%					发热量 kJ/m ³	产 量 m ³ /t 产品	利用率 %	用 途
		CO	H ₂	CO ₂	N ₂	CH ₄				
焦炉煤气	炼焦炉	5~7	50~60	2~5	5~10	20~30	15000~19000	300~350	100	民用、各种炉窑
高炉煤气	高炉	26~30	1~3.0	10~14	56~58	0.2~0.6	3300~4200	2000~3000	80	热风炉、焦炉
转炉煤气	转炉	50~70	0.5~2.0	14~15	10~20	—	7500~11000	60~70	70	均热炉、混铁炉
发生炉煤气	发生炉	24~30	12~15	5~7	46~55	0.5~3	4800~6300	—	—	平炉

1.5 钢铁工业能源及能耗

1.5.1 能源及其分类

能源是指能够提供能量的资源。能源是发展国民经济的重要物质基础,也是发展钢铁工业的重要物质。能源的种类很多,如各种固体燃料、液体燃料、气体燃料、太阳能、风能、地热能等,都是提供能量的资源。

能源按其来源不同,可分为一次能源和二次能源两类。一次能源是指自然界存在的天然能源,如原煤、石油、天然气、水能、风能、太阳能、核能、地热能等。二次能源是指将一次能源经加工或转换后得到的能源产品,如焦炭、电力、重油、煤气、蒸汽等。按使用程度分,一次能源又可分为在目前生产、生活中广泛应用的常规能源和现在尚未大规模利用或处于研究开发阶段的新能源两种。一次能源还可按其能否再生而分成再生能源和非再生能源。在自然界可以不断再生并有规律地得到补充,能够循环使用的能源为再生能源,如水能、太阳能、风能、地热能、海洋能、核能、潮汐能等。经过亿万年才能形成、在短期内无法再生的能源称作非