

高等学校规划教材

GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

钢铁冶金学教程

包燕平 冯捷 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmip.com.cn>



GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

ISBN 978-7-5024-4454-9



9 787502 444549 >

定价 49.00 元

销售分类建议：冶金工程

高等学校规划教材

钢铁冶金学教程

包燕平 冯捷 主编

北京
冶金工业出版社
2008

内 容 简 介

本书系统地阐述了钢铁冶金过程的基本原理与工艺,介绍了炼铁、炼钢和连铸过程的新工艺、新设备和新技术。全书共分为 13 章,内容包括:绪论,高炉原料,高炉炼铁原理,高炉炼铁工艺,高炉炼铁设备,非高炉炼铁,铁合金生产,炼钢基本原理,炼钢原材料,氧气转炉炼钢,电弧炉炼钢,铁水预处理与钢水炉外精炼和连续铸钢。

本书可作为高等学校钢铁冶金专业本科生或研究生的教材,也可供从事钢铁生产的工程技术人员、管理人员以及相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁冶金学教程/包燕平,冯捷主编. —北京:冶金工业出版社,
2008.7

高等学校规划教材

ISBN 978-7-5024-4454-9

I. 钢… II. ①包… ②冯… III. ①炼钢—高等学校—教材
②炼铁—高等学校—教材 IV. TF4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 106627 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 宋 良 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 王贺兰 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4454-9

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 7 月第 1 版,2008 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;28.25 印张;751 千字;435 页;1-4000 册

49.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

钢铁材料是人类经济建设和日常生活中所使用的最重要的结构材料和用量最大的功能材料,是人类社会进步所依赖的重要物质基础,在经济发展中发挥着举足轻重的作用。20世纪90年代以来,世界钢铁工业格局发生了重大变化,其中最令人瞩目的是中国钢铁工业的崛起。1990年中国钢产量为6535万吨,1996年超过1亿吨成为世界第一产钢大国。近几年来,我国钢铁工业更是连续高速发展,从2002年开始,钢产量年增长速度均在20%以上,2006年和2007年钢产量连续两年都超过4亿吨,这对我国钢铁工业来说,是一个新的历史大跨越。它标志着我国钢铁工业的发展应该由注重数量的增长,转向注重质量的提高和结构的优化,更加注重全面、协调、可持续发展;进一步优化品种质量结构;节约能源、水资源,降低各种物质消耗;更注重环境保护,提高清洁生产水平。

为了适应我国钢铁工业发展对钢铁冶金专业人才的要求,满足高等学校冶金工程专业的教学需要,我们在多年教学讲义的基础上,参考了诸多专家学者的文献,注意所收集资料的全面性、新颖性和时效性,编写了本书。

考虑到近年来国内各高校冶金工程专业钢铁冶金学课程的学时不尽相同,内容各有侧重,我们在内容的安排上,注意了以下三个方面:

(1) 强调基础。对钢铁冶金的基本反应、基本原理和基本流程进行了详细的阐述。

(2) 注重工艺。对炼铁原料处理工艺、炼铁工艺、炼钢工艺、炉外精炼工艺、连铸工艺等进行了全面、系统的论述,通过本书的学习,可以全面掌握钢铁冶金的工艺过程。

(3) 突出先进。对近年来钢铁冶金技术的发展进行了比较全面的概括,引入了近年来对钢铁冶金专业发展有重要影响的新技术。

北京科技大学刘建华、张宗旺、崔衡和吴华杰也参加了本书的编写工作。

受水平所限,书中不足之处,诚请读者批评指正。

北京科技大学 包燕平

河北科技大学 冯捷

2007年10月于北京

目 录

1 绪 论	1
1.1 冶金基本概念	1
1.1.1 冶金方法	1
1.1.2 主要冶金过程简介	1
1.2 钢铁工业	2
1.2.1 钢铁工业在国民经济中的重要地位与作用	2
1.2.2 新一代钢铁材料主要特征	3
1.2.3 钢与生铁的区别	3
1.2.4 现代钢铁冶炼的发展历程	4
1.2.5 我国钢铁工业的发展	5
1.3 现代钢铁生产工艺流程	6
1.3.1 长流程与短流程	6
1.3.2 炼钢过程工序功能的分解与集成	8
1.3.3 绿色冶金的基本流程	9
1.4 钢铁主要产品及副产品	11
1.4.1 钢铁冶炼主要产品	11
1.4.2 钢铁冶炼副产品	14
1.5 钢铁生产技术经济指标	16
1.5.1 高炉生产主要技术经济指标	16
1.5.2 炼钢生产主要技术经济指标	17
复习思考题	20
2 高炉炼铁原料	21
2.1 铁矿石	21
2.1.1 天然矿物	21
2.1.2 铁矿石的分类及特性	22
2.1.3 铁矿石质量评价	23
2.1.4 铁矿石的准备处理	25
2.2 高炉熔剂	27
2.2.1 熔剂的作用	27
2.2.2 熔剂的种类	27
2.2.3 对碱性熔剂的质量要求	27
2.3 高炉燃料	27

2.3.1	焦炭	28
2.3.2	喷吹煤粉	31
2.3.3	喷吹其他燃料	33
2.4	铁矿粉造块	34
2.4.1	铁矿粉造块的意义	34
2.4.2	铁矿粉造块的联结力	34
2.5	烧结矿的生产过程	35
2.5.1	烧结矿生产的工艺流程	35
2.5.2	抽风式烧结过程概述	36
2.5.3	烧结过程主要化学反应	37
2.5.4	烧结矿的质量指标	38
2.5.5	烧结过程中的固相反应	39
2.5.6	烧结过程液相生成与冷却结晶	42
2.5.7	烧结矿的矿物组成及结构	46
2.5.8	强化烧结的技术措施	47
2.5.9	烧结厂生产技术经济指标	50
2.5.10	烧结生产设备	52
2.5.11	烧结新工艺	52
2.6	球团矿生产	55
2.6.1	球团矿质量指标	55
2.6.2	生球形成	57
2.6.3	球团焙烧固结	58
2.6.4	球团焙烧设备及工艺特点	60
	复习思考题	63
3	高炉炼铁原理	64
3.1	高炉内还原过程与生铁的形成	64
3.1.1	高炉内基本现象和基本规律	64
3.1.2	炉料的蒸发、挥发、分解与气化	66
3.1.3	铁氧化物还原反应的热力学	69
3.1.4	非铁元素的还原	78
3.1.5	直接还原和间接还原	81
3.1.6	铁氧化物还原反应的动力学	84
3.1.7	生铁的形成与渗碳过程	86
3.2	高炉炉渣与脱硫	87
3.2.1	高炉渣的来源	88
3.2.2	高炉渣的成分与作用	88
3.2.3	高炉渣的性质及其影响因素	89
3.2.4	高炉内的成渣过程	94

3.2.5 高炉内的脱硫	95
3.3 燃料燃烧及煤气在高炉内的变化	99
3.3.1 风口前的燃烧反应	99
3.3.2 理论燃烧温度与炉缸内的温度分布	101
3.3.3 高炉内的煤气运动	105
3.3.4 高炉内的热交换	108
3.4 高炉内炉料的运动	109
3.4.1 炉料的下降与力学分析	110
3.4.2 料柱的透气性	112
3.4.3 高炉上部的调剂	113
复习思考题	114
4 高炉炼铁工艺	115
4.1 高炉炼铁概述	115
4.1.1 高炉炼铁生产过程	115
4.1.2 高炉炼铁的基本原则	116
4.2 高炉操作制度	119
4.2.1 装料制度	119
4.2.2 送风制度	123
4.2.3 造渣制度	125
4.2.4 炉缸热制度	126
4.2.5 高炉冷却制度	127
4.3 炉况判断	127
4.3.1 正常炉况	127
4.3.2 异常炉况	129
4.4 开炉、休风、停炉	130
4.4.1 开炉	130
4.4.2 休风	131
4.4.3 高炉停炉	132
4.5 炼铁技术的发展	132
4.5.1 高炉大型化	132
4.5.2 精料	133
4.5.3 高压操作	133
4.5.4 高风温	133
4.5.5 喷吹燃料及综合鼓风	134
4.5.6 炉顶煤气余压发电	134
4.5.7 高炉长寿技术	135
4.5.8 高炉中心加焦技术	135
4.5.9 冶炼低硅生铁	137

4.5.10 含钛物料护炉技术	141
复习思考题	144
5 高炉炼铁设备	145
5.1 高炉本体	145
5.1.1 高炉内型	145
5.1.2 高炉炉衬	146
5.1.3 高炉冷却设施	148
5.1.4 高炉基础	152
5.1.5 高炉金属结构	152
5.1.6 炉顶装料装置	153
5.2 原料供应系统	154
5.2.1 原料的卸车、贮存与运输	155
5.2.2 贮矿槽、焦槽	155
5.2.3 槽下供料	155
5.2.4 炉顶上料系统	155
5.3 送风系统	156
5.3.1 高炉鼓风机	156
5.3.2 热风炉系统	156
5.4 煤气净化除尘系统	158
5.4.1 除尘的基本原理	158
5.4.2 常用除尘设备	158
5.5 渣铁处理系统	160
5.6 高炉喷吹系统	161
5.6.1 喷煤工艺及设备	161
5.6.2 喷煤技术的发展	163
5.6.3 烟煤喷吹的安全措施	164
复习思考题	165
6 非高炉炼铁	166
6.1 概述	166
6.1.1 直接还原法与熔融还原法	166
6.1.2 非高炉炼铁的发展及特点	167
6.1.3 非高炉炼铁的方法及分类	167
6.2 直接还原法简介	168
6.2.1 希尔法	168
6.2.2 Midrex 法(竖炉法)	169
6.2.3 Fior 法(流态化法)	170
6.2.4 SL-RN 法(回转窑法)	171

6.3 熔融还原法	172
6.3.1 一步熔融还原法	172
6.3.2 二步熔融还原法	174
6.4 非高炉炼铁的技术经济指标	176
6.4.1 直接还原法炼铁的主要技术经济指标	176
6.4.2 熔融还原法炼铁的主要技术经济指标	178
复习思考题	179
7 铁合金生产	180
7.1 铁合金生产概述	180
7.1.1 铁合金的用途	180
7.1.2 铁合金的分类	180
7.1.3 铁合金的生产方法	181
7.1.4 铁合金生产技术的发展趋势	181
7.2 铁合金生产的基本原理	182
7.2.1 铁合金冶炼的本质	182
7.2.2 还原剂的选择	183
7.3 铁合金的生产方法	185
7.3.1 高炉法	185
7.3.2 电炉法	185
7.3.3 炉外法(金属热法)	186
7.3.4 真空碳还原法	187
7.3.5 氧气转炉法	187
7.4 硅、锰、铬系铁合金的生产	187
7.4.1 硅系铁合金	187
7.4.2 锰系铁合金	190
7.4.3 铬系铁合金	195
复习思考题	197
8 炼钢基本原理	198
8.1 炼钢基本任务	198
8.2 炼钢炉渣	199
8.2.1 炼钢炉渣的作用、来源、分类与组成	199
8.2.2 炼钢炉渣的主要性质	200
8.2.3 造渣	202
8.3 炼钢熔池中元素的氧化次序	204
8.3.1 炼钢熔池中氧的来源及铁液中元素的氧化方式	204
8.3.2 炼钢熔池中元素的氧化次序	205
8.4 炼钢过程的基本反应	206

8.4.1	碳氧化反应	206
8.4.2	硅的氧化和还原	207
8.4.3	锰的氧化和还原	207
8.4.4	脱磷反应	208
8.4.5	脱硫反应	210
8.4.6	钢液的脱氧与合金化	211
8.5	钢中气体	215
8.5.1	钢中的氮	215
8.5.2	钢中的氢	219
8.5.3	常压下的钢液脱气	222
8.6	钢中的非金属夹杂物	224
8.6.1	非金属夹杂物的分类	224
8.6.2	减少钢中非金属夹杂物的途径	227
	复习思考题	229
9	炼钢原材料	230
9.1	金属料	230
9.1.1	铁水	230
9.1.2	生铁块	231
9.1.3	废钢	232
9.1.4	直接还原铁	232
9.1.5	碳化铁	233
9.1.6	铁合金	233
9.2	炼钢辅助材料	233
9.2.1	造渣材料	233
9.2.2	氧化剂	235
9.2.3	冷却剂	236
9.2.4	增碳剂	236
9.2.5	炼钢用气体	236
9.3	炼钢用耐火材料	237
9.3.1	耐火材料的分类	237
9.3.2	耐火材料的主要性质	238
9.3.3	耐火材料损毁的原因及防止措施	238
	复习思考题	239
10	氧气转炉炼钢	241
10.1	氧气顶吹转炉炼钢法	243
10.1.1	氧气顶吹转炉炼钢特点	243
10.1.2	一炉钢的冶炼过程	243

10.1.3	转炉吹炼过程金属成分的变化规律	243
10.1.4	熔渣成分的变化规律	249
10.1.5	熔池温度的变化规律	250
10.1.6	氧气顶吹转炉炼钢工艺	251
10.1.7	氧气顶吹转炉炼钢过程自动控制	263
10.1.8	氧气顶吹转炉炼钢主要设备	267
10.2	底吹氧气转炉炼钢法	279
10.2.1	底吹氧气转炉结构特点	280
10.2.2	底吹氧气转炉炉内反应	280
10.3	顶底复合吹炼转炉炼钢法	283
10.3.1	顶底复吹转炉炼钢法的类型	283
10.3.2	底部供气元件的类型及特点	284
10.3.3	底部供气元件的寿命	284
10.3.4	顶底复吹转炉内的反应	286
10.3.5	复吹转炉的冶金特点	289
10.3.6	复合吹炼转炉少渣冶炼	289
	复习思考题	291
11	电弧炉炼钢	292
11.1	电弧炉炼钢概述	292
11.1.1	电弧炉炼钢特点	292
11.1.2	电弧炉炼钢技术的发展	294
11.1.3	电弧炉炼钢操作方法	295
11.2	传统电弧炉炼钢工艺过程	298
11.2.1	原料	298
11.2.2	补炉	298
11.2.3	装料	299
11.2.4	炉料的熔化冶炼	300
11.2.5	钢液的氧化期冶炼	303
11.2.6	钢液的还原期冶炼	311
11.3	现代电弧炉炼钢冶炼工艺	313
11.3.1	现代电弧炉的功能演化	313
11.3.2	超高功率电弧炉冶炼工艺	314
11.3.3	UHP 电弧炉炼钢多元化的能量利用技术	319
11.3.4	直流电弧炉	323
11.3.5	电弧炉炼钢的节能降耗技术	326
11.4	电弧炉炼钢设备	329
11.4.1	电弧炉的机械设备	330
11.4.2	电炉电气设备	335
	复习思考题	337

12 铁水预处理与钢水炉外精炼	338
12.1 概述	338
12.2 铁水炉外预处理	339
12.2.1 铁水炉外预脱硅处理	339
12.2.2 铁水炉外预脱硫处理	341
12.2.3 铁水预脱磷处理	344
12.2.4 铁水同时脱硫脱磷预处理	346
12.3 钢水炉外精炼	348
12.3.1 炉外精炼简介	348
12.3.2 炉外精炼的理论基础	352
12.3.3 炉外精炼技术的选择	361
12.4 炉外精炼方法简介	362
12.4.1 钢包炉精炼法(LF(V)法)	362
12.4.2 真空吹氩脱气法(VD法)	364
12.4.3 循环真空脱气法(RH法)	365
12.4.4 真空提升脱气法(DH法)	367
12.4.5 ASEA-SKF钢包精炼法	368
12.4.6 真空吹氧脱碳法(VOD法)	369
12.4.7 电弧加热钢包脱气法(VAD法)	370
12.4.8 氩氧脱碳法(AOD法)	371
12.4.9 CAS法及CAS-OB法	372
12.4.10 钢包喷射冶金	374
12.4.11 喂线法	375
复习思考题	376
13 连续铸钢	377
13.1 概述	377
13.1.1 连铸技术的发展概况	377
13.1.2 连铸机的机型与分类	378
13.1.3 连铸机的基本参数	379
13.1.4 连续铸钢的优越性	381
13.2 连铸机的主要设备	381
13.2.1 钢包	381
13.2.2 中间包	383
13.2.3 中间包车	387
13.2.4 结晶器	388
13.2.5 二次冷却装置	393
13.2.6 拉坯矫直装置	395
13.2.7 引锭装置	396

13.2.8 辊缝测量装置	397
13.2.9 铸坯切割装置	398
13.2.10 铸坯输出装置	399
13.3 钢液凝固理论	399
13.3.1 金属的结晶条件	400
13.3.2 钢液的结晶	403
13.3.3 铸坯凝固过程中的应力	407
13.3.4 连铸坯的凝固	408
13.3.5 铸坯在二冷区的凝固	411
13.3.6 连铸坯的凝固结构及控制	413
13.4 连铸工艺	414
13.4.1 钢水的准备	414
13.4.2 开浇操作	416
13.4.3 正常浇注操作	417
13.4.4 冷却制度的控制	418
13.4.5 保护浇注及液面控制	420
13.4.6 多炉连浇技术	420
13.4.7 停浇操作	420
13.4.8 连铸坯的精整	420
13.4.9 连续铸钢的技术经济指标	420
13.4.10 中间包冶金	422
13.4.11 保护渣	422
13.5 连铸坯质量	422
13.5.1 连铸坯的纯净度	423
13.5.2 连铸坯表面质量	423
13.5.3 连铸坯内部质量	426
13.5.4 连铸坯形状缺陷	428
13.6 薄板坯连铸连轧技术	429
13.6.1 薄板坯连铸工艺的优点	429
13.6.2 薄板坯连铸连轧的关键技术	429
13.6.3 典型的薄板坯连铸连轧工艺设备技术	430
13.6.4 我国的薄板坯连铸连轧技术	431
13.7 薄带连铸技术	431
13.7.1 双辊薄带连铸机	432
13.7.2 单辊薄带连铸机	432
13.7.3 Eurostrip 薄带连铸机	432
13.7.4 双带式薄板坯连铸技术	433
复习思考题	433
参考文献	435

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他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学科。

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提取、加工和改进金属性能的各种技术为重要内容,发展到还包括对金属成分、组织结构、性能和有关基础理论的研究。就其研究领域而言,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形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的金属材料服务。它包括金属学、粉末冶金、金属铸造、金属压力加工等分支学科。

1.1.1 冶金方法

从矿石或其他原料中提取金属的方法很多,可归结为以下三种方法。

1.1.1.1 火法冶金

火法冶金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。

1.1.1.2 湿法冶金

湿法冶金是在常温或低于 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,而其他杂质不溶解,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。

1.1.1.3 电冶金

电冶金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所要求的产品。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、精炼和浇注等工序。

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

(2) 焙烧。指将矿石或精矿置于适当的气氛下,加热至低于它们熔点的一定温度,发生氧化、还原或其他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。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。指将处理好的矿石或其他原料,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、造钼熔炼、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。

(7) 浇注。指将精炼后合格的金属熔液浇注成要求的尺寸和凝固组织的过程。现代钢冶金中主要指连续铸钢。

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他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,冶金学不断吸收其他学科特别是物理学、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,也为其他学科提供新的金属材料 and 新的研究课题。电子技术和计算机的发展和应用,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,进一步满足了高精尖科学技术发展的需要。

1.2 钢铁工业

1.2.1 钢铁工业在国民经济中的重要地位与作用

钢具有强度高、韧性好、易加工和焊接等特性,所以它是一种优良的结构材料。改变钢中的合金元素及其数量可以获得各种不同性能的合金钢,从而满足制造各种工具和设备的要求。此外,由于铁矿石贮藏丰富,便于冶炼和加工,可以进行大规模工业化生产,因此钢铁一直是经济建设、社会发展的重要物质基础,并成为衡量一个国家国力的重要标志之一。

钢铁一直是人类社会使用量最大、覆盖面最宽的重要材料。在现代化建设中,钢的需求涉及所有部门,而且需用的品种和数量都很大。现代农业、机械工业、化学工业、建筑业、电子工业、兵器工业、航空航天工业以及人们日常生活都离不开钢。钢铁业是工业经济和人民生活改善的支柱产业。展望 21 世纪,钢铁仍将是主要的结构材料和产量最大的功能材料。

钢铁之所以成为使用最多的金属材料,其原因是:

(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。铁矿石中铁的含量通常为 $25\%\sim 70\%$ 。

(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,具有其他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,是热和电的良好导体,

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的金属材料。

(5) 钢铁材料通过热处理能调整其力学性能,以满足国民经济各方面的需要。

(6) 钢铁材料失效后,回收再利用方便,可以形成生产—使用—废弃—回收—再生产的循环使用链,是很好的生态材料。

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材料现有的地位。

1.2.2 新一代钢铁材料主要特征

新一代钢铁材料具有以下三个主要特征:

(1) 超细晶。钢只有获得超细晶组织才能在“强度翻番”后具有良好强韧性配合。铁素体—珠光体钢最终使用态的晶粒度应当从传统的几十微米(八级晶粒度为 $20\ \mu\text{m}$)细化到几个微米。贝氏体—马氏体的板条束宽度细化到几个微米,甚至更细。细晶技术应当是研究提高材料强韧性的首选途径。

(2) 高洁净度。洁净度是指钢材内部杂质含量和夹杂物形态能满足使用要求,我们把它称为“经济洁净度”。由于钢的强度翻番,材料在使用时承受了更高应力,使裂纹形成和扩展的敏感性增加。按照断裂力学的基本概念,在相同条件下,受力愈大,要求临界裂纹尺寸(以夹杂物大小作为内在不可避免的裂纹)愈小。新一代钢铁材料应有更高的洁净度。

(3) 高均匀性。钢液凝固过程中,由于传热规律造成顺序凝固。无论模铸还是连铸,都会带来低熔点元素的宏观偏析。随后的高温加热及大变形量轧制,都难以消除偏析。现代冶金的发展趋势是流程愈来愈紧凑,过程愈来愈快,材料组织向非平衡发展。为改善钢的均匀性,在凝固过程中应尽可能减少柱状晶,争取获得全等轴晶的钢坯,在杂质总量不变的情况下,提高均匀性相当于提高洁净度。

新一代钢铁材料除上述三个特征外,从经济和生产应用方面考虑,还应满足以下三个条件:

(1) 良好的性能价格比。强度翻番,价格不能翻番。必须有更好的性能价格比,以保证市场的竞争力。

(2) 强韧性良好配合。不能以牺牲韧性来提高强度。必须有足够的韧性储备,特别是低温韧性,以保证安全。

(3) 符合可持续发展方针。应尽量降低能源、资源消耗,便于废钢回收利用。钢中要少用合金元素,降低碳含量,以保证塑性、韧性和焊接性。工艺过程不能污染环境。

正在开发的新一代钢铁材料,有高级别管线钢(X100, X120),高层建筑耐火抗震用钢,大跨度重载桥梁用钢,高强(超高强)汽车用钢等。

1.2.3 钢与生铁的区别

钢和生铁的区别可从表 1-1 中看出。由于钢具有很好的物理化学性能与力学性能,可以进行拉、压、轧、冲、拔等深加工,因此钢比生铁的用途广泛。除占生铁总量极少部分的铸造生铁用于生产铁铸件外,绝大部分的生铁要进一步冶炼成钢,以满足国民经济各部门的需要。