

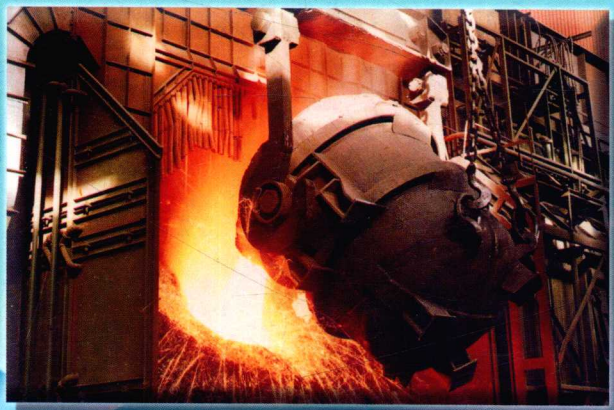


“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

现代冶金工艺学 ——钢铁冶金卷

(第2版)

朱苗勇 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

划教材

现代冶金工艺学 ——钢铁冶金卷

(第2版)

主 编 朱苗勇

副主编 魏 国 储满生

冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

本书为冶金工程专业主干课程“冶金学”钢铁冶金部分的配套教材,系统阐述了钢铁冶金过程的基本原理与工艺,介绍了炼铁、炼钢、连铸的新工艺、新设备和新技术。全书分为炼铁和炼钢两篇,炼铁篇包括现代高炉炼铁工艺、高炉炼铁原料、高炉炼铁基础理论、高炉炉料和煤气运动、高炉操作制度与强化冶炼、低碳高炉炼铁技术、非高炉炼铁等内容;炼钢篇包括炼钢的基础理论、炼钢用原材料和耐火材料、氧气转炉炼钢、电炉炼钢、炉外处理、连续铸钢等内容。书中还介绍了钢铁冶金节能减排的新工艺、新技术方面内容,如炼铁方面的提高煤炭资源的有效利用炼焦 SCOPE21 新技术,炼钢方面的 LD-ORP、MURC 技术,连铸方面的薄带连铸技术等。

本书为高等院校冶金工程专业的教学用书,也可供从事钢铁生产的技术人员、管理人员以及相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代冶金工艺学. 钢铁冶金卷/朱苗勇主编. —2 版. —北京:
冶金工业出版社, 2016. 12

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-5024-7412-6

I. ①现… II. ①朱… III. ①钢铁冶金—高等教育—教材
IV. ①TF

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 322374 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmp.com.cn

责任编辑 郭冬艳 宋 良 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 禹 蕊 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7412-6

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2011 年 6 月第 1 版;2016 年 12 月第 2 版,2016 年 12 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;37 印张;901 千字;578 页

75.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

第 2 版前言

钢铁是国民经济发展最重要的支柱材料之一，是制造业的“粮食”。钢铁工业是我国国民经济的重要基础性产业，其发展需要大量高素质人才。作为冶金人才培养的教育体系，随着冶金学科的不断深入发展，内容也需不断更新。其发展过程遵循着从宽广到细分，又从细分到综合的科学发展规律，体现了社会需求与专业结构、人才素质之间的相互联系。

新中国成立初期，受到计划经济体制的制约和苏联高等教育模式的影响，我国专业人才的培养目标主要是行业培养专业技术人才。在此后的 20 多年里，我国冶金类专业划分很细，冶金科学技术人才被分割在冶金物理化学、炼铁、炼钢、电冶金、特钢、轻金属冶金、重金属冶金、稀有金属冶金、贵金属冶金等多个专业内进行培养。在当时的计划经济体制下，从招生到分配均由国家统一安排，培养的学生主要从事对口专业工作。

改革开放以来，随着我国经济建设和科学技术的飞速发展，冶金工程学科得以迅速发展和完善，各学科之间相互渗透和交叉。国外先进教育模式的引入，也促进了冶金工程学科的改革。从 20 世纪 80 年代末开始，冶金类专业组合为冶金物理化学、钢铁冶金和有色金属冶金三个学科，并与材料学学科、材料成型与加工学科及热能工程学科共同组成了学科群，我国冶金科学技术和人才培养进入了新的发展时期。

20 世纪 90 年代以来，随着我国经济体制从计划经济向市场经济转轨，拓宽专业面向市场势在必行。1998 年，教育部将我国高等学校 20 余个工科类专业整合为冶金工程、金属材料工程、无机非金属材料工程和高分子材料与工程等四个一级学科，并提出了综合性的办学方针。冶金工程专业涵盖了冶金物理化学、钢铁冶金和有色金属冶金三个方向。

作为冶金工程专业的主干课，“冶金学”其内涵已发生了较大的改变。它不仅应包括钢铁冶金学和有色金属冶金的内容，而且教学学时必须适应专业宽口径的变化，对教学内容进行调整和改革很有必要。为此，东北大学组织有关人员进行“冶金学”课程的教学改革与实践，组织了相应的教材编写工作，分钢铁冶金和有色金属冶金两大部分内容。2005 年，由冶金工业出版社出版了

《现代冶金学（钢铁冶金卷）》。考虑到“冶金学”课程的工艺性特点，以及这些年冶金工业及相关行业的迅速发展，教材建设也应适应课程特点和行业发展的需求，为此，东北大学申请了编写《现代冶金工艺学（分钢铁冶金卷和有色冶金卷）》项目，并被教育部列入“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。由于当前国际钢铁业十分重视资源能源利用和环境保护、清洁生产，钢铁企业普遍关注与社会、环境友好，并向可持续的循环经济方向发展。世界工业发达国家均高度关注节能减排共性关键技术的开发：欧洲启动了“突破计划”，即二氧化碳的减排及废弃资源的再利用；欧盟15国48家钢铁企业启动了超低CO₂炼钢ULCOS（ultra low CO₂ steelmaking）项目；日本开发了以减少高炉CO₂排放技术和从高炉煤气中分离、回收CO₂的技术为目标的COURSE50项目。此外，新工艺、新流程和新技术不断涌现，使钢铁制造流程向连续、紧凑和高效化发展；大型化、自动化和信息化技术的应用，提升了钢铁工业的整体水平；我国钢铁行业目前也面临产能过剩、效益下滑的困境，正处于转型升级、绿色发展的关键期。因此，“冶金学”课程就应不断适应社会和行业发展的要求，其配套教材内容也须进行不断的更新和完善。为此，我们再次申报了“十二五”国家级规划教材并获得批准。本次修订，增加了有关钢铁冶金节能减排的新工艺、新技术等内容，如炼铁方面的提高煤炭资源的有效利用炼焦SCOPE21技术，炼钢方面的LD-ORP和MURC技术，连铸方面的薄带连铸等，增强了教材的时代感，以期为我国发展成为钢铁强国培养创新性人才。

本书由东北大学冶金学院教师编写，各章的执笔人为：炼铁篇第1章~第5章—魏国，第6章、第7章—储满生；炼钢篇第8章、第9章、第10章—朱苗勇，第11章—朱苗勇、钟良才，第12章—战东平、阎立懿，第13章—郑淑国、战东平，第14章—朱苗勇，参加编写工作的还有罗森、祭程、蔡兆镇、王卫领等。在成稿过程中，王文忠教授、施月循教授、杜钢教授、萧泽强教授、朱英雄教授提出了许多宝贵意见并参与审核工作。全书由朱苗勇统编定稿。

由于编者水平所限，书中不足之处，诚望读者批评指正。

编者

2016年9月

于东北大学

目 录

绪论	1
----------	---

炼 铁 篇

1 现代高炉炼铁工艺	7
1.1 高炉炼铁生产流程	7
1.2 高炉本体及主要构成	8
1.2.1 高炉内衬	9
1.2.2 高炉冷却设备	10
1.3 高炉附属系统	11
1.3.1 原燃料输运系统	11
1.3.2 炉顶装料系统	11
1.3.3 热风炉送风系统	11
1.3.4 煤气除尘系统	12
1.3.5 出铁场及渣铁处理系统	15
1.3.6 燃料喷吹系统	16
1.4 高炉冶炼产品	16
1.4.1 生铁	16
1.4.2 高炉渣	17
1.4.3 高炉煤气	18
1.5 高炉技术经济指标	18
思考题	21
2 高炉炼铁原料	22
2.1 铁矿石和燃料	22
2.1.1 铁矿石	22
2.1.2 熔剂	28
2.1.3 高炉燃料	29
2.2 烧结矿	33
2.2.1 烧结矿质量指标	34
2.2.2 烧结过程及主要反应	35

2.2.3 烧结矿固结机理	41
2.2.4 强化烧结过程分析	47
2.2.5 烧结新工艺	50
2.3 球团矿	51
2.3.1 球团矿质量指标	52
2.3.2 球团生产过程	53
2.4 其他固结方法	61
2.4.1 压力造块法	61
2.4.2 黏结剂固结法	62
2.4.3 其他方法	62
思考题	63
3 高炉炼铁基础理论	64
3.1 高炉内还原过程	64
3.1.1 铁氧化物的还原	64
3.1.2 其他元素的还原	68
3.1.3 直接还原与间接还原	72
3.1.4 铁矿还原动力学	75
3.2 渗碳和生铁的形成	77
3.3 造渣与脱硫	77
3.3.1 造渣的目的和作用	77
3.3.2 高炉造渣过程	78
3.3.3 高炉渣对冶炼的影响	79
3.3.4 高炉脱硫	84
3.4 典型有害元素的来源及处理	87
3.4.1 碱金属	87
3.4.2 锌	88
思考题	89
4 高炉炉料和煤气运动	90
4.1 炉缸反应	90
4.1.1 炉缸燃烧反应机理	90
4.1.2 炉缸燃烧反应过程	92
4.1.3 燃烧带对高炉冶炼过程的影响	93
4.1.4 下部调剂原理	94
4.1.5 风口区理论燃烧温度	96
4.2 煤气运动	97
4.2.1 煤气上升过程中的变化	97
4.2.2 高炉热交换	98

4.3 炉料运动	100
4.3.1 炉料下降	100
4.3.2 高炉料柱压差	100
4.3.3 改善料柱透气性	101
4.3.4 改善煤气流分布	104
4.3.5 上部调剂原理	105
4.4 高炉能量利用分析	107
4.4.1 高炉能量利用计算	107
4.4.2 高炉操作线图及其应用	109
思考题	114
5 高炉操作制度与强化冶炼	115
5.1 高炉操作制度	115
5.1.1 热制度	115
5.1.2 造渣制度	116
5.1.3 装料制度	116
5.1.4 送风制度	116
5.1.5 冷却制度	118
5.2 炉况判断与处理	118
5.2.1 正常炉况	119
5.2.2 异常炉况	119
5.2.3 失常炉况	120
5.2.4 开炉、休风、停炉	121
5.3 高炉强化冶炼	122
5.3.1 精料	123
5.3.2 高压操作	130
5.3.3 高风温	134
5.3.4 喷吹燃料	136
5.3.5 富氧鼓风操作	140
思考题	142
6 低碳高炉炼铁技术	143
6.1 CO ₂ 排放概述	143
6.2 炼铁系统节能减排技术	146
6.2.1 烧结节能减排技术	146
6.2.2 球团节能减排技术	149
6.2.3 焦化节能减排技术	151

6.2.4 传统高炉节能减排技术	154
6.2.5 炼铁二次资源高效利用技术	155
6.3 低碳高炉炼铁前沿技术	157
6.3.1 低碳高炉炼铁技术途径和基本原理	157
6.3.2 高炉喷吹富氢物质	162
6.3.3 高炉炉顶煤气循环	171
6.3.4 高炉使用高反应性含碳复合炉料	173
6.3.5 二氧化碳捕集与封存技术	175
6.4 我国高炉炼铁低碳化展望	182
6.4.1 我国高炉炼铁发展现状	182
6.4.2 我国高炉炼铁低碳化的发展方向	184
6.4.3 低碳高炉炼铁技术展望	185
思考题	185
7 非高炉炼铁	187
7.1 非高炉炼铁概述	187
7.1.1 非高炉炼铁分类	187
7.1.2 非高炉炼铁技术经济指标	188
7.1.3 非高炉炼铁原燃料	189
7.1.4 非高炉炼铁产品性质及其应用	192
7.2 气基直接还原及其应用	193
7.2.1 Midrex 气基竖炉工艺	193
7.2.2 HYL 气基竖炉工艺	198
7.2.3 其他气基直接还原工艺	202
7.2.4 气基竖炉直接还原应用于特色冶金资源综合利用	204
7.3 煤基直接还原及其应用	206
7.3.1 回转窑法	206
7.3.2 转底炉法	208
7.3.3 其他煤基直接还原工艺	212
7.3.4 煤基还原应用于特色冶金资源综合利用	214
7.4 熔融还原炼铁	216
7.4.1 Corex 工艺	217
7.4.2 Finex 工艺	223
7.4.3 HIs melt 工艺	226
7.4.4 HIsarna 工艺	230
7.5 国内外非高炉炼铁发展及展望	233
7.5.1 国外非高炉炼铁发展	233

7.5.2 我国非高炉炼铁发展历程	235
7.5.3 我国非高炉炼铁发展展望	236
思考题	239

炼 钢 篇

8 概述	243
8.1 炼钢的发展历程	243
8.2 我国钢铁工业的状况	244
8.3 炼钢的基本任务	245
8.3.1 钢中的磷	245
8.3.2 钢中的硫	245
8.3.3 钢中的氧	246
8.3.4 钢中的气体	247
8.3.5 钢中的非金属夹杂物	247
8.3.6 钢的成分	252
8.4 钢的性能	253
8.4.1 铁碳相图	253
8.4.2 钢的力学性能	256
8.5 钢(材)的分类及编号	260
8.5.1 钢的分类	260
8.5.2 钢材的分类	262
8.5.3 钢的编号	262
思考题	264
9 炼钢的基础理论	266
9.1 钢液的物理性质	266
9.1.1 钢液的密度	266
9.1.2 钢的熔点	267
9.1.3 钢液的黏度	268
9.1.4 钢液的表面张力	269
9.1.5 钢的导热能力	270
9.2 熔渣的物理化学性质	271
9.2.1 熔渣的作用、来源、分类与组成	271
9.2.2 熔渣的化学性质	272
9.2.3 熔渣的物理性质	276
9.3 硅、锰的氧化和还原反应	280
9.3.1 硅的氧化和还原	280

9.3.2 锰的氧化和还原	280
9.4 碳氧化反应	281
9.5 钢液的脱磷	284
9.6 钢液的脱硫	287
9.6.1 渣-钢间的脱硫反应	287
9.6.2 气化脱硫	288
9.6.3 脱硫反应动力学	289
9.7 钢液的脱氧	289
9.7.1 脱氧的方式	289
9.7.2 脱氧剂和脱氧能力	290
9.7.3 脱氧反应动力学	291
9.7.4 脱氧合金化	292
9.8 铬、钒、铌、钨的反应	292
9.8.1 铬的氧化与还原	292
9.8.2 钒的氧化	294
9.8.3 铌的氧化	294
9.8.4 钨的氧化	294
9.9 氢、氮的反应	295
9.9.1 铁液中氢、氮的溶解度	295
9.9.2 影响氢和氮在钢中溶解度的因素	295
思考题	296
10 炼钢用原材料和耐火材料	297
10.1 金属料	297
10.1.1 铁水	297
10.1.2 废钢	298
10.1.3 生铁	299
10.1.4 海绵铁	299
10.1.5 铁合金	299
10.2 非金属料	299
10.2.1 造渣剂	299
10.2.2 增碳剂	301
10.3 氧化剂	301
10.4 耐火材料	302
10.4.1 耐火材料的主要性能	302
10.4.2 耐火材料的分类	303
10.4.3 耐火材料的损毁与防治	304
思考题	305

11 氧气转炉炼钢法	306
11.1 顶吹氧气转炉炼钢法	307
11.1.1 一炉钢的吹炼过程和熔池内元素的氧化规律	308
11.1.2 熔池内炉渣成分和温度的变化规律	311
11.1.3 顶吹氧气转炉炼钢工艺	312
11.2 底吹氧气转炉炼钢法	329
11.2.1 底吹氧气转炉的结构特点	330
11.2.2 底吹氧气转炉的炉内反应	330
11.3 侧吹氧气转炉炼钢法	334
11.3.1 全氧侧吹转炉炼钢法冶金过程的基本规律	335
11.3.2 全氧侧吹转炉炼钢法的特点与优势	338
11.4 顶底复合吹炼转炉炼钢法	339
11.4.1 顶底复合吹炼转炉炼钢法的类型	339
11.4.2 底部供气元件的类型及特点	340
11.4.3 顶底复合吹炼转炉内的反应	340
11.4.4 顶底复合吹炼转炉少渣冶炼	342
11.4.5 顶底复吹转炉底枪布置与熔池搅拌	344
11.5 氧气转炉炼钢的自动控制技术	351
11.5.1 转炉炼钢自动控制过程	352
11.5.2 转炉自动控制系统结构	352
11.5.3 转炉炼钢数学模型	353
11.5.4 转炉炼钢终点控制模型	353
思考题	355
12 电炉炼钢	356
12.1 电炉炼钢的历史及其发展	356
12.1.1 电炉炼钢的发展历史	356
12.1.2 电炉炼钢发展前景	357
12.2 电炉炼钢设备	360
12.2.1 电炉的大小与分类	360
12.2.2 电炉的机械结构	361
12.2.3 电炉炼钢的排烟与除尘	364
12.2.4 电炉电气设备	366
12.2.5 电炉电气特性及供电制度	368
12.3 电炉炼钢冶炼工艺	373
12.3.1 电炉冶炼操作方法	373
12.3.2 传统电炉炼钢冶炼工艺	373
12.3.3 现代电炉炼钢冶炼工艺	378



12.3.4	钢液的合金化	381
12.4	现代电炉炼钢技术	382
12.4.1	超高功率电炉的发展及其特征	382
12.4.2	超高功率电炉相关技术	385
12.4.3	废钢预热节能技术	392
12.4.4	直流电弧炉技术	395
12.4.5	高阻抗电弧炉	399
	思考题	400
13	炉外处理	402
13.1	炉外处理技术概述	402
13.1.1	铁水预处理技术发展概况	403
13.1.2	钢水炉外精炼技术发展概况	404
13.2	炉外精炼的基本手段	406
13.2.1	搅拌	406
13.2.2	真空	412
13.2.3	添加精炼剂	414
13.2.4	加热	416
13.3	铁水预处理技术	419
13.3.1	铁水预脱硅	420
13.3.2	铁水预脱硫	421
13.3.3	铁水预脱磷	427
13.3.4	铁水同时脱硫、脱磷	428
13.3.5	铁水预处理提钒	431
13.3.6	铁水预处理提铌	433
13.4	钢水二次精炼方法	433
13.4.1	钢包吹氩技术	434
13.4.2	钢包喷射冶金	435
13.4.3	喂线技术	436
13.4.4	真空钢包处理	437
13.4.5	电弧加热的真空精炼炉	437
13.4.6	真空电弧脱气精炼炉	437
13.4.7	不锈钢炉外精炼	438
13.5	典型钢水炉外精炼技术	443
13.5.1	LF 炉精炼技术	443
13.5.2	RH 炉精炼技术	458
13.6	炉外精炼发展趋势	470
13.6.1	炉外精炼技术的发展趋势	471
13.6.2	尚待解决的问题	472

思考题	473
14 连续铸钢	474
14.1 概述	474
14.1.1 连铸技术发展概况	474
14.1.2 连铸的优越性	477
14.1.3 连铸机的基本机型及其特点	478
14.2 连铸机的主要设备	479
14.2.1 连铸机的基本参数	479
14.2.2 钢包	482
14.2.3 中间包	483
14.2.4 结晶器	485
14.2.5 二次冷却系统	490
14.2.6 拉坯矫直装置	494
14.2.7 引锭装置	495
14.2.8 辊缝测量装置	496
14.2.9 铸坯切割装置	496
14.2.10 出坯系统的各种设备	496
14.2.11 连铸车间布置	497
14.3 钢的凝固及连铸坯的凝固结构	498
14.3.1 钢凝固结晶的特点	498
14.3.2 成分过冷	499
14.3.3 化学成分偏析	500
14.3.4 凝固收缩	501
14.3.5 连铸坯的凝固传热和结构特点	501
14.3.6 连铸凝固传热过程的数学描述	518
14.3.7 连铸坯凝固冷却过程中的相变和受力	523
14.4 连铸操作工艺	526
14.4.1 连铸钢液的准备	526
14.4.2 浇注前的准备	528
14.4.3 浇钢操作	530
14.4.4 连铸操作规范	532
14.4.5 浇注温度控制	533
14.4.6 拉速的控制	534
14.4.7 冷却水控制	534
14.4.8 保护浇注	537
14.4.9 保护渣	537
14.4.10 中间包覆盖剂	541
14.5 连铸坯质量	541

14.5.1	连铸坯的洁净度	542
14.5.2	连铸坯表面质量	543
14.5.3	连铸坯内部质量	550
14.5.4	连铸坯形状缺陷	556
14.6	薄板坯连铸连轧	557
14.6.1	薄板坯连铸工艺的优点	558
14.6.2	薄板坯连铸连轧技术的发展历程	559
14.6.3	薄板坯连铸连轧的关键技术	559
14.6.4	典型的薄板坯连铸连轧工艺	562
14.6.5	我国的薄板坯连铸连轧技术	564
14.7	薄带连铸	567
14.7.1	薄带连铸技术的优点	567
14.7.2	薄带连铸技术发展历程	567
14.7.3	薄带连铸机分类	568
14.7.4	双辊薄带连铸技术	570
	思考题	574
	参考文献	576

绪 论

钢铁冶金是根据物理化学、热力学、动力学、传输原理和反应工程以及金属学等基本原 理，从矿石中提取金属，经精炼，再用各种加工方法制成具有一定性能的钢铁材料的过程。按工艺流程角度，可分为炼铁工艺学和炼钢工艺学两大领域。

炼铁工艺是以含铁矿石为主要原料，以焦炭、煤为主要能源，生产炼钢主原料——生铁（或铁水），并生产部分铸造生铁和铁合金的过程。

炼钢工艺是将铁水、直接还原铁或废钢（铁）加热、熔化，通过化学反应去除金属液中的有害杂质元素，配加合金并浇注成半成品——铸坯的过程。

公元前 14 世纪，人类开始使用铁器，这是人类文明的一大进步。钢铁冶金作为一门生产技术，最早起源于黑海南岸的山区，但在最初的一千多年内冶金技术发展十分缓慢，直至 14~16 世纪欧洲才出现水力鼓风的炼铁炉，生产铸铁，但基本上是经验式的实践，技术水平较低，生产规模不大。16 世纪，欧洲的冶金著作《火法技艺》和《论冶金》问世，对冶金技术发展起到了承前启后的作用。明末（1637 年）宋应星所著的《天工开物》中，较详细地记载了我国当时的冶金技术。可以说，18 世纪末冶金学才从自然科学中汲取营养，逐渐发育成一门独立的近代学科。

虽然人类使用钢铁的历史源远流长，但在 18 世纪中叶之前，人们对钢铁冶金尚没有系统的理性认识。1700~1890 年间，一系列重要的技术发明创造使炼铁工业得到蓬勃发展。1709 年，达比（A. Darbg）用焦炭代替木炭炼铁获得成功，使冶金企业摆脱了对木炭资源（森林）的依赖；1828 年，尼尔森（J. B. Neilson）采用热风，使炼铁焦比降低，生产效率成倍提高，这些工作为钢铁冶金深入研究创造了条件。18 世纪下半叶，伯格日曼（T. Bergman）在对钢的研究中得出结论：“钢是铁与碳交互作用的产物”，使人们对钢铁生产有了较正确的理解；此外，还提到氧化及还原是冶金的化学基础。在此基础上，伴随着近代自然科学理论和实验方法的产生和发展，逐步形成钢铁冶金学科。特别是在冶金热力学等理论指导下，人们逐渐掌握钢铁冶炼的内在规律。20 世纪下半叶以来，计算机的发展对钢铁产业产生了深刻的影响：一是计算机的应用使自动化技术与钢铁工艺紧密结合；二是电子器材对材料性能提出了新的要求，使钢铁冶金学发展成为材料科学的一个主要组成部分。应该说近几十年来，机械、电子、信息、计算机、材料等相关基础科学和理论发展为钢铁工业提供了先进的技术手段，加速了生产的现代化，同时也促进并完善了钢铁冶金学科的发展，开始了钢铁冶金的辉煌年代。

钢铁冶炼中铁元素主要来源于铁矿石。从铁矿石中提取铁元素有高炉炼铁、直接还原和熔融还原等方式，产品有液态铁水和固态金属铁。高炉炼铁仍是炼铁工艺的主流，原因在于高炉炼铁技术较为成熟，单体设备生产能力大，消耗低，铁水质量较好；不足的是必须用高质量焦炭。高炉采用喷煤技术不仅降低了焦比，而且由于可少用焦炭，缩小了焦炭生产规模，减少了环境污染，相应地增强了高炉炼铁工艺的生命力。

20世纪50年代,高炉冶炼提出以原料为基础,采用大风、高温等技术操作方针,使炼铁技术有了新的进步。1959年,我国太钢、本钢高炉突破中等冶炼强度的制约,把冶炼强度提高到 $1.1\sim 1.3\text{t}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,开创了世界高冶炼强度的先例,并在此基础上总结出高炉强化理论(吹透强化,上、下部调节剂),促进了高炉炼铁学的发展。

20世纪70年代以来,高炉炼铁技术向着大型化、高产、优质、低耗、长寿、清洁的方向发展,各项技术经济指标有明显提高,大型高炉平均利用系数达 $2.0\sim 2.2\text{t}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,有的大型高炉达到 $2.5\text{t}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 以上;焦比为 $350\text{kg}/\text{t}$,个别高炉降至 $300\text{kg}/\text{t}$ 以下,达到国际先进水平。

高炉大型化是现代钢铁工业发展的重要标志之一,为了扩大生产规模,提高质量,降低消耗,提高劳动生产力,高炉必须大型化。目前我国还存在不少小高炉,淘汰落后中、小高炉,逐步实行大型化是高炉炼铁的发展趋势。

将生铁精炼成熟铁和钢的方法经历了许多变化。古代用生铁进行氧化精炼的方法称为炒熟铁或炒钢,把生铁、矿石和燃料共同放在简单的炉灶中,鼓风使生铁融化成小滴,在落下时与矿石或空气中的氧起作用,同时工匠用力搅拌,使生铁中的碳充分氧化去除,成为可锻造的熟铁。由于此法是在固态或半固态下冶炼,劳动强度大,不可能发展成大规模的生产,得到的产品质量也很差。

现代炼钢法始于1856年由英国人亨利·贝塞麦(H. Bessemer)发明的酸性底吹转炉炼钢法,该方法首次解决了大规模生产液态钢的问题,奠定了近代炼钢工艺方法的基础。由于空气与铁水直接作用,贝塞麦炼钢方法具有较高的冶炼速度,成为当时主要的炼钢方法。但是,贝塞麦工艺采用酸性炉衬,不能造碱性炉渣,因而不能进行脱磷和脱硫。1879年,英国人托马斯(S. G. Thomas)发明了碱性底吹转炉炼钢法,成功地解决了酸性转炉不能冶炼高磷生铁的问题。由于西欧许多铁矿为高磷铁矿,直到20世纪70年代末,托马斯炼钢法仍被法国、卢森堡、比利时等国的一些钢铁厂所采用。几乎与贝塞麦炼钢工艺开发成功的同时,1856年,平炉炼钢方法(称为Siemens-Martin法)也发明成功。最早的平炉也是酸性炉衬,随后,碱性平炉炼钢方法也很快开发成功。当时,平炉炼钢操作和控制较转炉炼钢平稳,能适用于各种原料条件,生铁和废钢的比例可以在很宽的范围内变化。1899年,电弧炉炼钢方法发明成功。至20世纪50年代氧气转炉炼钢发明前,平炉是世界上最主要的炼钢方法。

第二次世界大战结束后,20世纪50年代,世界钢铁工业进入了快速发展时期,这一期间开发成功的氧气顶吹转炉炼钢技术和钢水连续浇注技术对随后的钢铁工业发展起到了非常重要的推动作用。1952年,奥地利发明氧气顶吹转炉炼钢方法,由于具有反应速度快、热效率高、钢质量好、品种多等优点,迅速被日本、西欧等国采用。20世纪70年代,氧气转炉取代平炉成为主要的炼钢方法。在氧气顶吹转炉炼钢迅速发展的同时,法国、德国、美国等国家发明了氧气底吹转炉炼钢方法,通过喷吹甲烷、重油、柴油等对喷口进行冷却,使纯氧能从炉底吹入熔池而不致损坏炉底。我国也在此期间发明了通过炉侧吹入氧气的全氧侧吹转炉炼钢法,并在国内得到了推广应用。20世纪80年代中后期,西欧、日本、美国等相继开发了氧气顶底复吹转炉炼钢方法,氧气由顶部氧枪供入,同时由炉底喷口吹入氩、氮、氧等气体。氧气顶底复吹转炉炼钢同时具备顶吹转炉炼钢和底吹转炉炼钢的优点,目前世界上较大容量的炼钢转炉多数采用了氧气顶底复吹转炉炼钢工艺。