

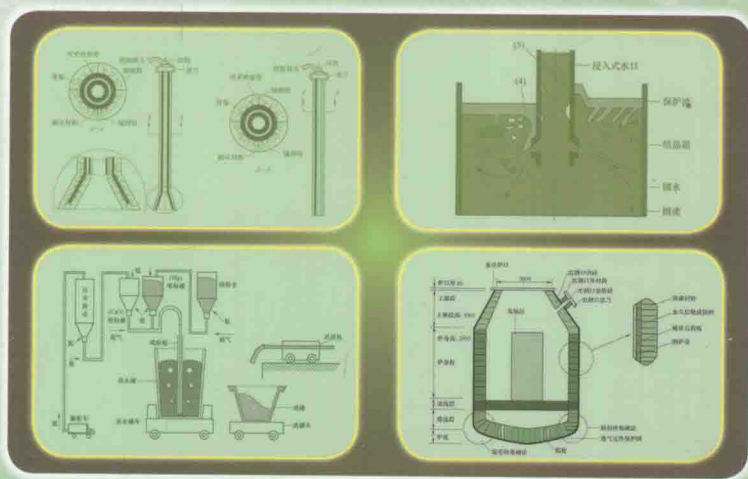
“十二五”国家重点图书



先进钢铁材料技术丛书

低成本生产洁净钢的实践

马春生 编著



冶金工业出版社

Metallurgical Industry Press

“十二五”国家重点图书
先进钢铁材料技术丛书

低成本生产洁净钢的实践

马春生 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2016

内 容 简 介

本书共分 11 章,在简要介绍了洁净钢生产的相关概念、背景、意义和途径之后,详细阐述了非金属夹杂物及有害元素对洁净钢的影响,重点介绍了生产洁净钢的工艺技术及相关措施,如提高连铸坯质量、选用合适耐火材料等。在此基础上,结合实践经验,介绍了高级别管线钢、轴承钢、IF 钢、帘线钢等钢种的生产工艺与技术。最后,简要介绍了炼钢的主要成本、炼钢厂的循环经济等内容。

本书可供炼钢厂工程技术人员和现场操作者参考,也可以作为职业技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

低成本生产洁净钢的实践/马春生编著. —北京:冶金工业出版社, 2016. 2

(先进钢铁材料技术丛书)

“十二五”国家重点图书

ISBN 978-7-5024-7166-8

I. ①低… II. ①马… III. ①超纯钢—炼钢 IV.

①TF762

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 024081 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 yjcs@cnmp. com. cn

策 划 谭学余 张 卫 责任编辑 李 臻 陈慰萍 美术编辑 吕欣童

版式设计 孙跃红 责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7166-8

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

2016 年 2 月第 1 版, 2016 年 2 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 29 印张; 561 千字; 443 页

89.00 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)

《先进钢铁材料技术丛书》

编辑委员会

主 编 翁宇庆

编 审 杨树森

编 委 (按姓氏笔画为序)

千 勇	才鸿年	马绍弥	王立新	王全礼
王国栋	王洪发	王新华	兰德年	田志凌
刘 俭	刘 浏	刘万山	刘 苏	刘春明
朱 静	江来珠	许珞萍	李 成	李文秀
李世俊	苏 杰	杨树森	陈思联	陈蕴博
林慧国	柯 俊	赵 沛	赵克文	郭爱民
高惠菊	翁宇庆	董 瀚		

序言

钢铁材料具有资源丰富、生产规模大、品种规格多、性能稳定且多样化等特点，并易于加工、价格低廉。钢铁材料既方便使用，又便于回收，是人类从铁器时代就开始使用的材料，目前也是工业生产和人民生活中最广泛使用的材料。在可以预见的未来，还没有哪一种材料能够全面取代钢铁材料的作用。钢铁材料是人类社会进步的重要物质基础。

我国经济和社会持续不断地发展，钢产量持续快速增长，自1996年以来，粗钢产量连续十多年保持世界首位。但是，金属矿产资源、能源、交通运输和环境等方面却难以支撑不断增长且数量庞大的钢材生产和使用的需求。在技术进步和各种材料的竞争条件下，人们提出了钢铁材料合理生产和创新发展的问题。那么，中国需要什么样的钢铁材料呢？

进入21世纪，一方面，国民经济各个部门都需要高性能、高精度和低成本的先进钢铁材料，如高层建筑、海洋设施、大跨度重载桥梁、高速铁路、轻型节能汽车、石油开采和长距离油气输送管线、大型储存容器、工程机械、精密仪器、大型民用船舶、军用舰艇、航空航天和国防装备等都需要专业用途的先进钢铁材料；另一方面，社会的发展对钢铁的生产、加工、使用和回收等环节又提出了节约能源、节省金属矿产资源、保持环境等要求。因此，从科学发展观来看，我们现在和未来的经济建设和社会发展迫切需要的先进钢铁材料，应该是采用先进技术生产的高技术含量的钢铁材料，是具有高性能、高精度、低成本、绿色化为特

征的钢铁材料,如高强度、高韧性、长寿命的高性能化;高形状尺寸精度和高表面质量的高精度化;低合金含量和优化工艺流程的低成本化;易于回收和再利用的绿色化。

近年来,在国家发改委、国防科工委和科技部的大力支持下,国内的科研院所、高校和企业的研发人员承担了国家工程研究中心、重点工程配套材料、国家支撑计划、国家“973”规划、国家“863”计划等国家重要科技项目工作,开展了先进钢铁材料的研发,在基础理论、工艺技术、产品应用等方面都取得了很好的成绩。为了促进钢铁材料发展,满足市场需要,先进钢铁材料技术国家工程研究中心、中国金属学会特殊钢分会和冶金工业出版社共同发起,并由先进钢铁材料技术国家工程研究中心和中国金属学会特殊钢分会负责组织编写了《先进钢铁材料技术丛书》。先进钢铁材料技术国家工程研究中心专家委员会专家和中国金属学会特殊钢分会的专业人员组成本套丛书的编辑委员会。本套丛书的编写与出版具有时代意义。丛书编委会将组织国内钢铁冶金和材料领域的知名学者分别撰写,努力反映先进钢铁材料的科研、生产和应用的最新进展。期望本套丛书能够在推动先进钢铁材料的研究、生产和应用等方面发挥积极作用。本套丛书的出版可以为钢铁材料生产和使用部门的技术人员提供先进钢铁材料生产和使用的技术基础、也可为相关大专院校师生提供教学参考。我们组织编写《先进钢铁材料技术丛书》尚属首次。本套丛书将分册撰写,陆续出版。书中存在的疏漏和不足之处,欢迎读者批评指正。

前言

优质、低耗、经济地生产洁净钢已经成为国内外冶金界的共识。特别是在目前我国钢铁行业竞争日益激烈、钢材市场持续低迷、生产成本不断增加、钢铁企业处于微利甚至亏损的情况下，优质、环保、低耗、经济的钢铁生产日益受到人们的重视。面对钢铁产能过剩、竞争激烈的市场，经营管理者的目光自然更多地放在降低生产成本上，希望获得低成本生产洁净钢的“金点子”，以降低成本，脱困解危。因此，近几年出现了不少低成本生产洁净钢的著作与论文。

谈到成本，需认识到经营成本包括生产成本和经营管理成本（管理费用、财务费用、其他费用等）。其中生产成本与单位产品消耗及生产率有关，而经营管理成本则与企业的体制、机制及管理水平有关。在“产能过剩”竞争激烈的市场中，存在着无序的“恶性”竞争，优质不优价，因此需要建立“按质论价”正常的市场秩序。

我国钢铁业与国际先进水平的差距主要表现在劳动生产率及质量上。按吨钢消耗工时计算，欧洲和日本等地区和国家为 5h/t，美国为 3h/t，我国高于 20h/t。劳动生产率低下是我国钢企普遍存在的问题，加上能耗比日本等国高 20% 左右，因此我国钢铁企业低劳动力成本的竞争优势无法体现。

在全球钢材需求持续萎靡、利润率不断下滑的大环境下，国际先进的钢企并未“坐以待毙”，他们致力于不断提高产品的附加值，下大力气研发具有竞争力的产品，并迅速调整结构与布局（关闭、整合、出售处于亏损或盈利能力弱的企业），以求得新的发展。例如，2015 年二季度，浦项钢铁公司发布销售额为 65760 亿韩元，同比下降 11.4%，但由于高附加值产品销售量却同比增加 21.3%，公司营业利润率比上年同期增长 9.2%，利润同比增长 7.6%。

降成本是系统工程，尤其需要注重管理。在公司财务结构正常的情况下，钢铁企业热轧产品的生产成本的组成一般是：铁前成本占经

营成本的70%~80%，炼钢环节为10%~20%，轧钢为10%左右。因此，降低生产成本首先是要降低铁前成本，为炼钢生产提供经济、优质的铁水，其次更重要的是注重钢铁生产过程中物料及二次能源的综合回收利用，发展循环经济。目前，我国钢铁企业在这方面与国外先进水平还存在差距。此外，企业的体制成本也不容忽视。

在钢铁“产能过剩”竞争激烈的市场环境中，钢厂要想求得生存发展，强化管理、提高质量、降低消耗、保护环境成为当务之急。从长远的观点看，钢厂更需优化产品结构，调整产业结构，适应国家经济转型发展的大局。

近年来，笔者在许多炼钢厂都遇到过不少工作在生产一线的工程技术人员、管理人员和操作者，他们都渴望能有一本系统介绍高效、低成本生产洁净钢方法的书籍供他们参考，并希望此书通俗易懂，可操作性强，具有实际指导意义。

带着同行们的希冀，在近十年来，笔者围绕如何能优质、高效、低耗、经济生产洁净钢问题，研究和学习了大量国内外专家学者们已出版的书籍、刊物、论文和相关国际和国家标准。因此可以说，本书的撰写过程实质上就是笔者自己学习的过程。本书中的许多论证和数据都是前辈和同行们研究实践的结晶，由于笔者从中受益匪浅，故将其系统化后推荐给读者。

笔者在生产实践中和同行们一起围绕开发品种、提高质量、降低成本的问题进行了深入的研究和实践，开发了一些新的炼钢材料和工艺，通过大量的试验和生产的应用，取得了较好的工艺效果，显著地降低了钢的生产成本、提高了钢的洁净度。笔者将在实践中积累的数据、经验及据此制定的工艺规程提供给读者参考，如有成效将倍感幸之。

本书重点阐述了转（电）炉洁净钢的生产工艺与技术装备，详细介绍了铁水预处理、转（电）炉炼钢、炉外精炼、连（模）铸钢坯（锭）生产流程中，提高钢水洁净度及防止二次污染的有效措施，对原材料的选择提出了建议，并介绍一些降低工序成本和提高钢质量的有效方法。

第1章重点阐述高效、低耗生产洁净钢的理念及效率、质量与成本之间关系的处理。

第2章重点论述各种夹杂物对钢性能的危害及各生产工序控制夹

杂物数量、形态、分布和尺寸的工艺技术。

第3章介绍当今世界上有利于低成本生产洁净钢的先进的炼钢工艺技术,如铁水预处理技术、复吹转炉炼钢新技术、电弧炉炼钢新技术、钢水炉外精炼技术和洁净钢连铸新技术。

第4章重点探讨连铸工艺对铸坯质量的影响及提高铸坯质量的新技术。

第5章介绍了炼钢用耐火材料的生产工艺、质量标准、使用方法、延长使用寿命及减少对钢水污染的工艺措施。

第6~9章较详细地介绍高级别的管线钢、轴承钢、IF钢和帘线钢四个较有代表性典型钢种的特点、国内外生产质量状况及推荐的具体生产工艺。

第10章介绍钢铁料消耗和能源消耗对炼钢成本的影响,并提出降低炼钢生产成本的工艺措施。

第11章阐述炼钢厂循环经济的主要内容。

本书的撰写,力求适于生产一线的工程技术人员和实际操作者的应用,偏于实践,通俗易懂,可操作性强。

本书在现场试验、数据收集方面得到许多炼钢厂的支持,在此表示衷心感谢。

东北特殊钢集团有限责任公司王伟先高级工程师参与第2、3、7、11章的编写和修订,并组织了有关提高高档轴承钢产品质量的大量试验;北京科技大学的吴华杰教授、东北特殊钢有限责任公司的李彬工程师参与了第7章的编写和修订,参与了有关提高高档轴承钢产品质量的现场试验及数据收集整理;本溪钢铁集团有限责任公司刘军、刘洪亮、薛文辉、赫英利高级工程师分别参与了第4、6、8、9章的起草和审定。

本书在撰写过程中得到本溪钢铁公司的林东、李秉强和韩永德等多位专家学者的帮助和支持,在此一并表示衷心感谢。

由于笔者的技术水平和经验有限,书中不妥之处,恳请诸位同行批评指正,本人将衷心感谢。

笔 者

2015年11月

目录

1 绪论	1
1.1 洁净钢	2
1.1.1 洁净钢的定义	2
1.1.2 经济洁净度的概念	3
1.1.3 洁净度要求的特殊性	4
1.2 低成本的意义	4
1.3 洁净钢的高效、低成本生产	5
1.3.1 确定合理的生产路径	5
1.3.2 编制合理的甘特图	8
1.3.3 强化信息流管理	9
1.3.4 推广标准化作业	9
1.4 效率、质量和成本关系的处理	10
1.5 创建低成本生产洁净钢平台	11
参考文献	12
2 钢中非金属夹杂物及有害元素	13
2.1 钢中非金属夹杂物的分类	13
2.1.1 按照夹杂物的来源分类	13
2.1.2 按照夹杂物的化学成分分类	13
2.1.3 按照夹杂物的变形能力分类	14
2.1.4 按照夹杂物尺寸分类	15
2.1.5 按照夹杂物标准分类	15
2.1.6 钢中的气体	16
2.2 非金属夹杂物及杂质元素对钢性能的影响	17
2.2.1 夹杂物与裂纹的形成	18
2.2.2 夹杂物对钢材的塑性和韧性的影响	19
2.2.3 夹杂物对疲劳性能的影响	21

2.2.4 硫对钢性能的影响	23
2.2.5 磷对钢性能的影响	26
2.2.6 气体对钢质量的影响	26
2.3 夹杂物及有害元素的来源、原因及其影响因素	31
2.3.1 炼钢过程中的夹杂物及有害元素的来源	31
2.3.2 出钢过程中夹杂物及有害元素增加的原因	33
2.3.3 LF 炉精炼过程中夹杂物及有害元素增加的原因	33
2.3.4 脱气工艺对夹杂物及有害元素的影响	35
2.3.5 铸锭工序对夹杂物及有害元素的影响	35
2.3.6 中间包工序对夹杂物及有害元素的影响	36
2.3.7 连铸工序对夹杂物及有害元素的影响	37
2.3.8 气体及非金属夹杂物来源的判定	37
2.4 减少钢中夹杂物的有效措施	38
2.4.1 减少原材料中的非金属夹杂物的含量	38
2.4.2 保持系统设备运行正常	38
2.4.3 降低初炼钢水的含氧量	38
2.4.4 减少二次氧化	39
2.4.5 促进钢中非金属夹杂物上浮	40
2.4.6 防止卷渣	44
2.4.7 耐火材料的使用要求	45
参考文献	47
3 生产洁净钢的重点工艺技术	48
3.1 铁水预处理技术	48
3.1.1 铁水预处理脱硫	49
3.1.2 铁水预处理脱磷	65
3.2 复吹转炉炼钢新技术	72
3.2.1 转炉高效低成本造渣技术	72
3.2.2 转炉顶部吹氧、底部吹入惰性气体搅拌技术	91
3.2.3 转炉出钢挡渣技术	99
3.2.4 出钢脱氧合金化技术	106
3.3 电弧炉炼钢新技术	118
3.3.1 电弧炉炼钢技术的发展	119
3.3.2 电弧炉炼钢的注意事项	120

3.4 钢水炉外精炼技术	122
3.4.1 钢包吹氩技术	123
3.4.2 合成渣精炼工艺技术	135
3.4.3 LT 钢包吹氩合成渣精炼工艺技术	157
3.4.4 CAS-OB 精炼技术	158
3.4.5 LF 炉精炼造渣技术	159
3.4.6 钙处理对非金属夹杂物变性的技术	177
3.4.7 钢中铝含量的控制	181
3.4.8 RH 真空精炼技术	184
3.4.9 VD 精炼技术	189
3.4.10 精炼工艺的选择	190
3.5 洁净钢连铸新技术	194
3.5.1 中间包覆盖剂的优化	195
3.5.2 离心流动中间包技术	199
3.5.3 中间包加热技术	200
3.5.4 减少水口结瘤的技术	203
3.5.5 电磁搅拌技术	206
3.5.6 防止结晶器卷渣技术	212
参考文献	215
4 提高连铸坯质量	218
4.1 连铸坯质量	219
4.1.1 连铸坯质量特征	219
4.1.2 连铸坯缺陷分类	220
4.2 连铸坯洁净度	221
4.2.1 连铸坯洁净度与产品质量	221
4.2.2 连铸坯夹杂物的来源	222
4.2.3 影响铸坯夹杂物的因素	223
4.2.4 减少夹杂物的方法	224
4.2.5 连铸坯表面夹杂	225
4.3 连铸坯表面缺陷	226
4.3.1 振动痕迹	226
4.3.2 表面裂纹	226
4.3.3 铸坯表面增碳和偏析	240
4.3.4 铸坯表面凹坑和重皮	240

4.3.5 气孔和气泡	241
4.3.6 表面划伤	242
4.4 连铸坯内部缺陷	243
4.4.1 内部裂纹	243
4.4.2 中心偏析与中心疏松	249
4.5 连铸坯形状缺陷	252
4.5.1 鼓肚变形	252
4.5.2 菱形变形	252
参考文献	255
5 炼钢用耐火材料	256
5.1 耐火材料的发展	256
5.2 耐火材料的基本知识	256
5.2.1 耐火材料的分类	256
5.2.2 耐火材料的主要性质	259
5.3 主要耐火制品原料的发展	261
5.3.1 镁砂	261
5.3.2 铝质材料	262
5.4 转炉炉龄	263
5.4.1 镁碳砖	263
5.4.2 转炉各部位的工作状态与砌筑	268
5.4.3 炉衬损坏机理及对策	271
5.4.4 常见的漏炉事故	280
5.5 钢包耐火材料	280
5.5.1 钢包的砌筑	281
5.5.2 钢包用耐火材料的技术质量标准	285
5.5.3 影响钢包寿命的因素	289
5.5.4 引流剂的应用	291
5.5.5 造成钢包穿包事故的原因	292
5.5.6 钢包管理	294
6 高级别管线钢工艺控制技术	295
6.1 高级别管线钢的发展历史和现状	295
6.1.1 国外管线钢的发展	296
6.1.2 国内管线钢的发展	298

6.2 管线钢的性能要求及成分设计	299
6.2.1 管线钢的使用要求	299
6.2.2 高级别管线钢的性能标准	303
6.2.3 管线钢成分设计	307
6.3 管线钢生产的关键技术	319
6.3.1 钢中硫含量的控制	319
6.3.2 钢中氧含量的控制	320
6.3.3 减少钢的成分偏析	321
6.3.4 夹杂物变性处理	322
6.4 高级别管线钢的冶炼工艺	325
6.4.1 高级别管线钢冶炼的生产准备	326
6.4.2 转炉冶炼工艺	328
6.4.3 LF 炉精炼工艺	328
6.4.4 RH 精炼工艺	329
6.4.5 钙处理工艺	329
6.4.6 连铸工艺	329
参考文献	330
7 轴承钢的生产工艺技术	333
7.1 概述	333
7.1.1 轴承钢的用途和分类	333
7.1.2 各典型轴承钢的特点	334
7.1.3 我国轴承钢发展的现状	335
7.2 对轴承材料的性能要求	337
7.2.1 轴承钢的洁净度	337
7.2.2 轴承钢的均匀性	348
7.3 轴承钢中元素的作用	349
7.3.1 轴承钢的成分标准	349
7.3.2 轴承钢中各元素的作用	350
7.4 轴承钢冶炼的关键技术	352
7.4.1 轴承钢冶炼工艺技术	353
7.4.2 轴承钢 LF 炉精炼技术	353
7.4.3 轴承钢真空脱气技术	354
7.4.4 轴承钢的连铸技术	356

7.5 轴承钢的冶炼工艺流程	357
7.5.1 国外轴承钢的主要生产流程	357
7.5.2 国内冶炼轴承钢的主要工艺	360
7.5.3 推荐高档轴承钢冶炼工艺	361
参考文献	365
8 IF 钢的冶炼	367
8.1 概述	367
8.1.1 IF 钢的特点	367
8.1.2 成分对 IF 钢性能的影响	368
8.1.3 IF 钢的用途	369
8.2 IF 钢的标准、使用要求及成分设计	370
8.2.1 IF 钢的标准	370
8.2.2 IF 钢的使用要求	370
8.2.3 IF 钢的基本成分设计	371
8.3 IF 钢生产的关键技术	371
8.3.1 RH 炉真空脱碳技术	372
8.3.2 控制钢水增碳技术	381
8.3.3 氮含量控制技术	383
8.3.4 净化钢液技术	385
8.4 IF 钢生产工艺	394
8.4.1 国内外主要厂家 IF 钢生产工艺	394
8.4.2 推荐 IF 钢生产工艺	396
参考文献	400
9 帘线钢的生产	401
9.1 帘线钢的应用发展及国内外生产情况	401
9.2 帘线钢的成分及性能要求	402
9.2.1 帘线钢的成分	402
9.2.2 帘线钢的性能要求	406
9.2.3 帘线钢洁净度的控制	407
9.3 生产帘线钢的关键技术	409
9.3.1 帘线钢洁净度的控制	409
9.3.2 帘线钢偏析度的控制	415
9.3.3 帘线钢铸坯表面质量的控制	416

9.4 帘线钢的生产工艺	417
9.4.1 国内外冶炼帘线钢的基本工艺	417
9.4.2 帘线钢冶炼工艺解析	417
参考文献	421
10 炼钢主要成本	422
10.1 钢铁料消耗	422
10.1.1 铁水预处理工序的钢铁料消耗	423
10.1.2 炼钢工序的钢铁料消耗	424
10.1.3 连铸工序的钢铁料消耗	427
10.2 能源介质消耗	428
10.2.1 降低冶炼用电消耗	429
10.2.2 降低氧气消耗	431
10.3 造渣材料消耗	431
10.4 耐火材料消耗	431
11 炼钢厂循环经济	432
11.1 转炉炼钢烟气净化与回收	432
11.1.1 转炉炼钢烟气净化与回收的意义	433
11.1.2 转炉炼钢烟气净化与回收的基本工艺	434
11.1.3 提高煤气回收量的措施	437
11.2 炼钢污水的处理与利用	439
11.2.1 炼钢污水的分类	439
11.2.2 炼钢污水的处理	439
11.3 炼钢含铁废料的回收与利用	440
11.3.1 含铁废料的来源	440
11.3.2 含铁废料的应用	440
11.4 炼钢炉渣的分类处理与应用	441
11.4.1 铁水预处理废渣的处理	441
11.4.2 炼钢炉渣的处理和应用	441
参考文献	443

1 绪 论

随着科学技术的不断进步,先进高端质量的工业产品日益增多,用户对钢制品的品质和性能提出了越来越高的要求。节能、环保、高效率、低成本地生产出优质洁净钢已经成为当今世界钢铁生产发展的主流。

提高洁净度是当代钢铁材料发展的重要方向。随着洁净钢生产工艺与装备技术的发展,满足高品质钢的生产要求已不存在更大的技术困难,但如何降低洁净钢生产成本、实现洁净钢大批量稳定高效的生产仍是亟待解决的技术问题。因此,建设高效低成本洁净钢平台已成为市场发展的要求,是当前炼钢工作者的重要责任,也是洁净钢生产面临的技术挑战。

洁净钢(clean steel)的概念是1962年Kieshng在给英国钢铁学会起草的报告中首次提出的,概念泛指钢中的O、S、P、H、N、Pb、As、Cu、Zn等杂质元素以及夹杂物的含量低。提出洁净钢的概念是为了在不增加合金成本的前提下,能够高效率、低成本、成批地生产出满足用户要求的优质商品钢材。在随后的50多年时间里,随着钢铁冶炼技术、炉外精炼技术、连铸技术及耐火材料等技术的发展,洁净钢生产技术日趋完善。目前,钢中P、C、S、N、TO、H等总量已降低到 50×10^{-6} 的水平,非金属夹杂物的数量、分布和形态都有很大改善,钢的性能与质量大幅提升。

所谓洁净钢,通常指非金属夹杂物(主要是各类氧化物、硫化物和氮化物等)含量少的钢。也有人认为,洁净钢是指钢中S、P、H、O、N含量极低的钢。多用钢中的总氧含量TO表示钢的洁净度,总氧含量包括自由氧和固定氧(夹杂物所含的氧),降低钢液的TO含量可以说是生产洁净钢的根本保证。

当前,钢材的洁净度已经成为评价钢铁生产企业整体技术水平的重要指标。可以预见,在今后较长时间内,高效率、低成本洁净钢生产技术将是钢铁生产企业科技创新中具有普遍性、基础性,事关钢厂生产效率、质量、成本的共性关键技术。

国外一些钢铁厂生产洁净钢采取的主要技术措施有:

- (1) 高铁水比炼钢,减少废钢用量,降低钢的[N]含量。
- (2) 铁水预处理(脱硫、脱磷、脱硅),减少钢渣量。
- (3) 转炉顶底复合吹炼,炉渣改性处理,挡渣出钢。