

螺纹钢

生产工艺与技术

王子亮 等著



冶金工业出版社

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

螺纹钢生产工艺与技术

王子亮 等著

北 京

冶金工业出版社

2008

内 容 简 介

本书在收集整理国内螺纹钢生产工艺技术经验的基础上,介绍了螺纹钢的分类、原料的准备、螺纹钢棒材和线材生产、主要的生产工艺流程、设备、自动化系统等。其中包括坯料的要求、选择和准备,加热炉和加热工艺要求,螺纹钢线材、棒材生产工艺设计、操作要点、质量控制等,工厂供配电系统、关键设备的电气控制系统、全线的计算机控制自动化系统,以及生产技术经济指标和螺纹钢生产新技术等。

本书适合于从事螺纹钢生产的钢铁企业工程技术人员和管理人员阅读,也可供从事棒线材生产工艺研究的技术人员和高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

螺纹钢生产工艺与技术/王子亮等著. —北京:冶金工业出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-5024-4664-2

I. 螺… II. 王… III. 螺纹钢—生产工艺 IV. TF76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 111116 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 李培禄 刘小峰 美术编辑 张媛媛 版式设计 葛新霞

责任校对 栾雅谦 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4664-2

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; 17 印张; 409 千字; 258 页; 1-4000 册

40.00 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

螺纹钢是热轧带肋钢筋的俗称。螺纹钢具有良好的强韧性、焊接性等综合性能，广泛应用于钢筋混凝土建筑结构。螺纹钢横肋的外形有螺旋形、人字形、月牙形3种，目前我国国家标准 GB 1499.2—2007 规定为月牙形。国际上通常按照强度级别来分，英国标准、美国标准等以 460MPa 级别为主，我国 GB 1499.2—2007 标准规定了 335MPa、400MPa、500MPa 级别钢筋的技术要求。2006 年我国螺纹钢产量突破 8000 万 t，其中 HRB400 钢筋的产量已有 1000 万 t 以上。螺纹钢的应用范围也在不断扩大。有些企业开始研制 HRB500 钢筋，还有一些企业长期批量按英国标准以及加拿大标准、日本标准、美国标准、新加坡标准等生产出口 460MPa 级钢筋。为提高钢筋的强度级别，微合金化钢筋、余热处理钢筋和细晶粒钢筋等新技术在国内外被逐步采用。400MPa 以上强度级别钢筋的使用，可以节约大量钢材，具有重要的应用前景。党的十七大提出全面建设小康社会的奋斗目标，我国的工业化和城镇化发展必将进一步加快。毫无疑问，钢筋混凝土建筑结构在今后的建筑结构中仍将占有很大比重，螺纹钢在我国今后发展中将继续是重要的建筑用钢材。因此，提高螺纹钢工艺技术对我国的社会主义现代化建设具有重要的现实意义。

螺纹钢是安阳钢铁集团公司的主要产品之一，已有近 50 年的生产历史。安钢经历了从落后的横列式轧机到棒材连轧机和高速线材轧机生产工艺，从强度较低级别螺纹钢到具备生产微合金化、余热处理、细晶粒钢筋生产技术，目前已经能够生产 335MPa、400MPa、500MPa 级别，直径 6~40mm 规格螺纹钢，螺纹钢产能突破 200 万 t，荣获“国家免检产品”称号。

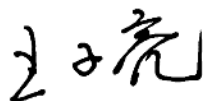
本书共分 10 章，在总结安钢螺纹钢生产技术的基础上，对国内外螺纹钢生产工艺与技术进行了较为全面的介绍，主要内容包括螺纹钢棒材和线材的生产工艺流程，关键的冶炼工艺、连铸、轧制工艺要点，主要机械和电气控制设备特点、操作规程等，对螺纹钢的质量控制、新技术等也做了深入的介绍。希望本书能对螺纹钢生产的科技进步起到抛砖引玉的作用，同时也期待

螺纹钢生产工艺水平的不断提高和技术创新,使我国螺纹钢从生产技术到品种质量都能跃上一个新台阶。

本书由王子亮任总撰稿人,王新江任责任撰稿人。第1章由王子亮、赵自义、邓保全撰稿,第2章由王新江、赵自义、李勇撰稿,第3章由赵自义、邓保全撰稿,第4章由新玉海、张延涤撰稿,第5章由翁蕴杰、张延伟撰稿,第6章由王伟科、吕文和、李光民撰稿,第7章由王伟科、赵艳楠、周亚辉撰稿,第8章由张延涤撰稿,第9章由赵自义撰稿,第10章由张延涤撰稿。全书由王子亮、王新江、赵自义、张延涤审稿。

本书在编著过程中,得到了冶金工业出版社的支持和指导,得到了安阳钢铁集团公司领导和广大技术人员的关心和支持,在此表示衷心的感谢!

作为生产企业的管理者和技术人员,编著本书是我们的尝试,由于时间关系,以及可供参考借鉴的资料有限,同时由于螺纹钢生产技术发展很快,加上作者水平所限,书中不足之处恳请读者批评指正。



2008年7月

目 录

1 概论	1
1.1 螺纹钢生产的意义和作用	1
1.2 螺纹钢的分类	1
1.2.1 微合金化钢筋	1
1.2.2 余热处理钢筋	2
1.2.3 超细晶热轧钢筋	2
1.2.4 其他高强度钢筋、功能性钢筋	2
1.3 螺纹钢生产主要工艺流程	3
2 原料的准备	4
2.1 典型冶炼设备及工艺	4
2.1.1 100t 转炉炼钢设备及工艺	4
2.1.2 100t 电炉炼钢设备及工艺	8
2.1.3 100t 钢包精炼炉设备及工艺	11
2.2 方坯连铸工艺与质量控制	13
2.2.1 方坯连铸设备及工艺	13
2.2.2 铸坯质量控制	21
2.2.3 浇铸事故的分析处理	25
3 螺纹钢线材生产	29
3.1 线材轧机技术发展	29
3.1.1 横列式线材轧机	29
3.1.2 复二重式线材轧机	30
3.1.3 连续式线材轧机	31
3.1.4 现代线材轧机及其特点	31
3.1.5 高速线材轧机新技术发展	32
3.2 高速线材轧机生产工艺	33
3.2.1 产品及用途	33
3.2.2 工艺流程	34
3.3 螺纹钢盘条产品及特点	37
3.4 坯料	38
3.4.1 坯料的技术条件	38

3.4.2 坯料的检查和管理	38
3.4.3 化学成分要求	39
3.5 加热	39
3.5.1 加热炉及加热制度	39
3.5.2 典型高线加热炉设备和工艺	40
3.6 孔型和导卫	42
3.6.1 孔型系统设计	42
3.6.2 轧制程序表	49
3.6.3 导卫装置	50
3.7 轧辊和辊环的选择与使用	56
3.7.1 轧辊和辊环的选择	56
3.7.2 轧辊和辊环的使用	58
3.8 典型高线轧制工艺和操作	59
3.8.1 高线轧制工艺流程	59
3.8.2 典型生产线工艺设备技术参数	59
3.8.3 工艺操作制度	65
3.8.4 轧制工艺调整	67
3.9 控轧控冷	70
3.9.1 控轧控冷工艺原理	70
3.9.2 高线控轧控冷工艺	72
3.9.3 超细晶螺纹钢盘条	77
3.10 盘条的精整与检查	78
3.10.1 典型精整区设备技术参数	78
3.10.2 精整工艺操作制度	80
3.11 螺纹钢线材生产故障及其分析	81
3.11.1 线材头部弯头堆钢	81
3.11.2 线材头部堆钢	81
3.11.3 轧件中部或尾部堆钢	82
4 螺纹钢棒材生产	83
4.1 坯料准备	83
4.1.1 坯料的选择	83
4.1.2 连铸坯	83
4.1.3 坯料的热送热装	84
4.2 坯料的加热	87
4.2.1 加热设备	87
4.2.2 燃料选择	90
4.2.3 坯料的加热工艺	91
4.2.4 热工制度	96

4.3 棒材轧制	99
4.3.1 轧制工艺	99
4.3.2 孔型系统	105
4.3.3 导卫装置	111
4.3.4 常见的轧制缺陷及其预防	117
4.4 控制冷却工艺及设备	119
4.4.1 钢材轧后控制冷却技术的理论基础	119
4.4.2 控制冷却工艺	122
4.4.3 控冷工艺的工艺设备	124
4.5 螺纹钢棒材的精整	129
4.5.1 概述	129
4.5.2 剪切	129
4.5.3 冷却	131
4.5.4 棒材在线定尺剪切	136
4.5.5 钢材的包装(打捆)	136
4.5.6 连轧棒材典型精整工艺	138
4.6 小型棒材轧机的主要新技术	145
4.6.1 步进式加热炉	145
4.6.2 高压水除鳞	145
4.6.3 在线尺寸检测	146
4.6.4 自动堆垛机	146
5 工厂供配电系统	147
5.1 电气设备配备情况及电网污染治理	147
5.2 线棒材机组工艺流程	148
5.2.1 260mm 棒材机组工艺流程	148
5.2.2 高线工艺流程简介	150
5.3 电压等级确定及主要负荷概算	150
5.4 高压供配电	151
5.4.1 高压受配电柜的选型和特点	151
5.4.2 变压器选型及其参数	153
5.4.3 继电保护	154
5.4.4 高次谐波的治理	154
5.5 低压配电系统	156
5.6 共辅设施的供配电	156
6 电气控制系统	159
6.1 加热炉区控制	159
6.1.1 系统配置	159

6.1.2 电气、液压及气动驱动控制	161
6.1.3 燃烧控制系统	164
6.1.4 监控软件设计	169
6.1.5 系统调试及运行	173
6.2 260mm 机组轧机直流调速系统	173
6.2.1 全数字交、直流调速传动控制系统	173
6.2.2 直流传动控制系统的构成	176
6.2.3 260mm 机组人机接口	177
6.2.4 高线人机接口	179
6.2.5 DV300 整流装置的结构及特点	179
6.3 剪机速度控制	182
6.3.1 剪机及其功能简述	182
6.3.2 2号飞剪调速控制系统的配置	183
6.4 冷摆剪	198
6.4.1 冷摆剪的用途及特点	198
6.4.2 350t 冷摆剪的主要技术规格和性能指标	199
6.4.3 冷摆剪的配置	199
6.4.4 飞剪传动装置的特点	200
6.4.5 冷飞剪主传动变压器	200
6.4.6 交流变频装置	200
6.4.7 工作原理	200
6.4.8 结构特征及主要构成	201
6.4.9 剪切线电器控制工艺要求	203
6.5 高线剪机控制	207
6.6 交流变频调速	208
6.6.1 交流变频调速的应用范围	208
6.6.2 变频器的特点	208
6.7 冷床区	209
6.7.1 冷床设备的功能概述	209
6.7.2 冷床输出辊道	211
6.7.3 冷床电机速度控制及自动化系统配置	211
6.7.4 冷床电机的速度控制	212
6.8 精整区控制系统简介	213
7 计算机自动化系统	214
7.1 自动化系统组成	214
7.1.1 通讯系统的配置	215
7.1.2 加热炉区的配置和控制功能	216
7.1.3 轧制区的配置和控制功能	217

7.1.4 精整区的配置和控制功能	217
7.2 以太网	218
7.2.1 以太网简介	218
7.2.2 网络协议和以太网	220
7.2.3 棒线材以太网系统的应用	222
7.3 GENIUS 网	223
7.3.1 GENIUS 网简介	223
7.3.2 GENIUS 网络的组成	223
7.3.3 GENIUS 网络的特性	224
7.3.4 棒线材 GENIUS 网系统的应用	225
7.4 PROFIBUS 网	226
7.4.1 PROFIBUS 网简介	226
7.4.2 PROFIBUS-DP 网的通讯协议	226
7.4.3 PROFIBUS-DP 的传输技术	228
7.4.4 PROFIBUS-DP 的基本功能	230
7.4.5 PROFIBUS-DP 基本特征	230
7.4.6 棒线材传动网的应用	230
7.5 MPI 网	231
8 产品质量控制	232
8.1 产品缺陷及质量控制	232
8.1.1 螺纹钢使用的质量要求	232
8.1.2 螺纹钢的生产特点及质量控制	234
8.2 产品质量的检查、检验	236
8.2.1 常规检验	236
8.2.2 质量异议处理	237
8.3 产品缺陷分类和原因	237
8.3.1 铸坯缺陷	238
8.3.2 轧钢缺陷	238
8.4 产品性能检测	240
8.4.1 力学性能检测	240
8.4.2 工艺性能检测	241
8.5 螺纹钢标准发展	241
9 螺纹钢生产管理及技术经济指标	243
9.1 生产组织管理	243
9.2 技术经济指标	243
9.2.1 消耗指标	244
9.2.2 作业率	245

9.2.3 成材率	247
9.2.4 合格率	247
9.2.5 生产率	247
9.2.6 劳动生产率	249
10 螺纹钢生产新技术	250
10.1 轧后余热处理工艺	250
10.1.1 轧后余热处理工艺的原理	250
10.1.2 轧后余热处理工艺的效果	250
10.1.3 轧后余热处理工艺的意义	250
10.2 细晶粒钢筋生产技术	250
10.2.1 细晶粒钢筋生产技术要达到的目的	251
10.2.2 细晶粒钢筋生产技术的特点	251
10.2.3 细晶粒钢筋生产技术的意义	251
10.3 切分轧制技术	251
10.3.1 切分轧制技术的发展及目前应用情况	252
10.3.2 采用切分轧制技术所需要的条件	253
10.3.3 切分轧制技术的意义	255
10.4 无孔型轧制技术	255
10.4.1 无孔型轧制技术的发展及现状	256
10.4.2 无孔型轧制技术应用中的技术难点及对策	256
10.4.3 无孔型轧制技术的意义	257
参考文献	258

1 概 论

1.1 螺纹钢生产的意义和作用

螺纹钢是表面带肋的钢筋，是热轧带肋钢筋的俗称，通常带有 2 道纵肋和沿长度方向均匀分布的横肋。横肋的外形为螺旋形、人字形、月牙形 3 种，目前我国国家标准规定为月牙形。规格用公称直径的毫米数表示。带肋钢筋的公称直径相当于横截面相等的光圆钢筋的公称直径。钢筋的公称直径为 6 ~ 50mm。带肋钢筋在混凝土中主要承受拉应力。带肋钢筋由于肋的作用，和混凝土有较大的黏结能力，因而能更好地承受外力的作用。带肋钢筋广泛用于各种建筑结构。

随着我国经济建设的快速发展，我国基础设施如房屋、桥梁、道路以及重要能源、交通等工程得到快速增长，我国正处于经济快速发展时期，宏观经济和固定资产投资将保持持续增长。建筑行业是中国和发展中国家发展最快的行业之一，建筑用钢也将会得到长足发展，其中螺纹钢将是最大的建筑用钢材，在国民经济发展中起到至关重要的作用。据不完全统计，2006 年我国螺纹钢产量已经达到 8300 万 t。随着钢铁工艺技术的进步，螺纹钢将会不断更新换代，推出性能更好的新产品，满足用户不同的技术要求。

1.2 螺纹钢的分类

目前钢筋生产发展趋势是普通钢筋已从低碳低合金钢筋向微合金化钢筋、余热处理钢筋发展，主流热轧钢筋的发展及关注品种主要有：微合金化钢筋、余热处理钢筋、超细晶热轧钢筋等。

1.2.1 微合金化钢筋

我国钢筋的发展经历了由低强度向较高强度发展的过程。中华人民共和国建国初期采用碳素钢 I 级光面钢筋；20 世纪 70 年代初期，出现了 16Mn II 级钢筋，25MnSi III 级钢筋，45MnSiV、40Si2MnV 和 45Si2MnTi III 级钢筋；70 年代后期，20MnSi II 级钢筋取代了 16Mn II 级钢筋，至今仍是主导钢筋产品；90 年代后期，HRB335、HRB400 和 HRB500 钢筋纳入制定的 GB 1499—1998 热轧带肋钢筋标准中。目前我国广泛采用的仍然是 HRB335 钢筋，重点推广的是 HRB400 钢筋，约占钢筋总产量的 12%，其产量比例呈上升趋势。HRB500 钢筋只有生产标准，缺乏建筑规范，在建筑中几乎没有应用。

HRB400 级钢筋具有强度高、延性好、节约用材、降低排筋密度、性能稳定、应变时效敏感性低、安全储备量大、焊接性能良好、抗震性能好、韧脆性转变温度低、高应变低周疲劳性能好等优点，因此更适用于高层、大跨度和抗震建筑结构，使用后具有巨大的经济效益和不可估量的社会效益，其应用必将越来越广泛。

目前我国推广应用 HRB400 等高强度钢筋已是发展趋势，国家标准《钢筋混凝土用热

轧带肋钢筋》(GB 1499—1998)规定可采用钒、铌、钛等微合金化元素。国内大多数企业主要采用钒铁或钒氮合金微合金化工艺,钒铁和钒氮合金涨价后,许多企业转而采用铌微合金化,并取得了成功;在钛微合金化方面,在试制上存在一些生产技术问题需进一步解决。微合金化方法的多样化有利于资源的均衡、合理利用。

1.2.2 余热处理钢筋

余热处理钢筋是指利用轧制余热在轧钢作业线上直接进行轧后热处理。其基本原理是钢筋从轧机的成品机架轧出后,经冷却装置进行快速表面淬火,然后利用钢筋心部热量由里向外自回火,再空冷至室温。该技术能有效地发挥钢材的性能潜力,通过各种工艺参数的控制改善钢筋的性能,在较大幅度提高钢筋强度的同时,保持较好的塑、韧性,完全能保证钢筋的综合性能满足要求;同时,大幅度降低了合金元素用量,节约了生产成本。建筑业应用余热处理钢筋可实现强度等级的升级,节约钢材用量,增加建筑物的安全性。从理论上分析,335MPa级钢升级为460MPa级钢可节材27%以上,400MPa级钢升级为460MPa级钢可节材13%。更重要的是实现强度等级升级的同时,不需要消耗大量的微合金化元素的资源,有利于科学发展。

余热处理钢筋在国外已广泛应用,典型例子是英标460MPa级、500MPa级钢筋。英标BS4449因其科学性和适用性而受到国际建筑业的推崇,许多国家和地区普遍采用BS4449标准。英标钢筋与我国和其他国家钢筋标准中同类钢筋相比,不但强度要求较高,而且对冷弯和反弯性能要求更严,因此,其质量要求较高。BS4449标准中没有规定具体的加入合金元素和成分范围,国外企业生产英标钢筋一般是用碳素钢采用余热处理工艺,我国出口的英标钢筋也大量采用了余热处理工艺。加拿大标准G30.18中的400R、500R钢筋,美国ASTMA615/A615M标准中的60级(420MPa)、75级(520MPa)钢筋,德国标准DIN488/1中的BST420S、BST500S钢筋等都可采用余热处理工艺生产。国外余热处理钢筋的广泛应用表明,余热处理钢筋在建筑上包括在重要建筑上的应用是可靠的、可行的。

1.2.3 超细晶热轧钢筋

近年来的材料学研究可使普通C-Mn钢获得超细晶组织,已有试验获得了 $2\sim 3\mu\text{m}$ 的超细晶铁素体组织,屈服强度超过了400MPa。日本住友工业公司用铌钢轧制出了晶粒尺寸为 $5.5\mu\text{m}$ 、屈服强度为454MPa、直径为32mm的优质棒钢。超细晶热轧钢筋通过控制轧制的方法,以细化钢材的晶粒和组织为技术核心,在保证良好的塑、韧性前提下提高钢材的强度,可明显地节约生产成本,同时做到了高性能和低成本。该产品是一种值得重视、值得发展的钢材品种。

1.2.4 其他高强度钢筋、功能性钢筋

一些高层建筑、立交桥、大跨度的厂房、地下管桩等需要强度更高的热轧钢筋,如590MPa级热轧钢筋,其塑性和冷弯要求比照GB 1499中的Ⅳ级钢筋,而强度要求更高。具体性能要求是 $\phi 10\sim 25\text{mm}$ 规格,屈服强度不小于590MPa、抗拉强度不小于885MPa、伸长率不小于10%,冷弯 90° 、 $D=5A$ 合格。可采用45SiMnV、45Si2Cr等钢号试制。

高强度热轧小规格螺纹钢是值得关注的品种。在混凝土结构用钢筋中,约有 $1/5 \sim 1/4$ 是直径小于 12mm 的细直径钢筋,主要用作板、墙类构件的受力钢筋及梁、柱构件中的箍筋,也大量用作架立筋、分布筋、构造筋。通过微合金化和控冷技术,可研制抗拉强度级别更高的 800 ~ 1170MPa 级 6 ~ 12mm 热轧带肋钢筋盘条,取代目前 800 ~ 1170MPa 级冷轧带肋钢筋盘条使用。优点是塑性好、黏着力好、减少了冷轧工序。但还需做配套的产品和设计标准制定和修改工作。早在 20 世纪 70 年代联邦德国就开发出了 850MPa 以上级高强度精轧螺纹钢并获专利权,后被美、日、英等国家引进,20 世纪 80 年代大力发展,广泛用于特大型建筑、框架结构、桥涵等工程。885MPa 级高强度精轧螺纹钢具体性能要求是,屈服强度不小于 850MPa、抗拉强度不小于 1080MPa、伸长率不小于 10%;也有用户提出按美国 ASTM A722-95DE 要求,屈服强度不小于 830MPa、抗拉强度不小于 1035MPa、伸长率不小于 7%,冷弯 90° 、 $D=8A$ 合格。生产时需同时采用微合金化技术和余热处理技术。

矿山用无纵肋热轧左旋带肋钢筋是为了满足矿山建设需要而研制的一种钢筋,钢筋的横肋旋向采用左旋,钢筋外形、尺寸及允许偏差要求更严。目前常用的屈服强度级别为 335MPa,其试制的性能指标参照 HRB335 钢筋,可研制并推广应用屈服强度级别为 400MPa 的或更高强度级别的钢筋。

随着科学技术的发展,环境保护给工程材料提出了更高的要求,所以钢筋的耐腐蚀性能已成为工业化国家的主要研究课题,提高钢筋的使用寿命的各种耐腐蚀钢筋、耐候钢筋正在不断得到应用。需通过加入耐腐蚀元素或采用涂层、阻锈剂等,研制、生产不同强度级别的耐候钢筋和在特殊场合使用的耐腐蚀钢筋。

1.3 螺纹钢生产主要工艺流程

螺纹钢生产主要的工艺流程如下:高炉铁水→转炉(电炉)→精炼→方坯连铸→定尺切割→入库→轧钢加热炉→棒材轧机→控轧控冷→冷床→定尺剪切→收集打捆→称重→挂牌入库,如图 1-1 所示。

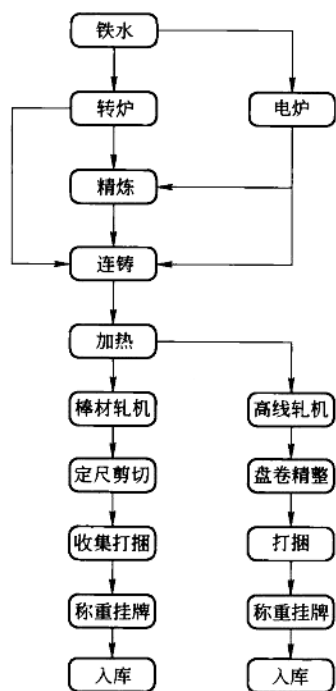


图 1-1 螺纹钢生产工艺流程图

2 原料的准备

2.1 典型冶炼设备及工艺

2.1.1 100t 转炉炼钢设备及工艺

2.1.1.1 设备及工艺参数

炉体参数如表 2-1 所示。

表 2-1 炉体主要参数

参数名称	参数值	参数名称	参数值
转炉公称容量/t	100	新砌炉内容积(V)/m ³	91
转炉平均出钢量(T)/t	118	炉口直径($d_{\square}$)/mm	2600
炉壳总高(H)/mm	8500	出钢口直径/mm	110 ~ 140
炉壳外径(D)/mm	5900	炉帽倾角/(°)	60
炉壳总高(H)/炉壳外径(D)	1.44	出钢口角度/(°)	10
炉容比(V/T)	0.91	炉底(含永久层)/mm	910
炉壳内容积(V)/m ³	188	炉身段(含永久层)/mm	774

氧枪枪体的主要参数如下:

氧枪外径	$\phi 245\text{mm}$	
氧枪总长度	20500mm	
喷嘴形式	四孔拉瓦尔型水冷铸造喷头	
喷头参数	喉口	$\phi 35.27\text{mm}$
	出口	$\phi 49\text{mm}$
	马赫数	2.0
介质参数	吹炼氧气压力	0.8 ~ 1.2MPa
	氮气压力	0.8 ~ 1.0MPa
	冷却水流量	180m ³ /h
	冷却水压力	1.0 ~ 1.2MPa
	冷却水入口温度	$\leq 35^{\circ}\text{C}$
	冷却水出口温度	$\leq 55^{\circ}\text{C}$

底吹系统工艺参数如下:

介质种类	N ₂ /Ar
介质压力	1.0 ~ 1.5MPa
供气强度(标态)	0.01 ~ 0.1m ³ /(t · min)
透气砖块数	6 块(由 6 只支气管独立供气)

2.1.1.2 装料制度

按分阶段定量装入, 如表 2-2 所示。装入制度根据不同钢种及生产条件灵活调整。

表 2-2 转炉装入量

炉龄/次	1~5	6~100	101~500	>500
装入量合计/t	100±1	110±1	120±1	130±1
出钢量/t	90±2	100±2	110±2	120±2

当铁水温度低、停炉时间不少于 4h 或炉役末期炉底不好时, 可不加废钢或酌减。大补炉后第一炉, 不加废钢。

装入顺序: 正常情况下为“石灰→废钢→铁水”; 若炉底上涨为“废钢→铁水→石灰”; 测“零”位时为“铁水→废钢→石灰”。

2.1.1.3 供氧制度

氧气要求如下:

- (1) 氧气纯度不低于 99.6%。
- (2) 氧压: 正常工作氧压 0.8~1.2MPa, 小于 0.6MPa 时不得吹炼。
- (3) 氧气流量 (标态): 21000~25000m³/h, 根据实际情况可适当调整。

枪位要求: 采用“低—高一低”枪位操作模式, 在 1.4~1.8m 之间进行枪位控制, 根据化渣情况及温度情况合理调整枪位。严禁长时间吊吹和深吹, 以防炉渣返干期发生金属喷溅。冶炼对枪位控制有特殊要求的钢种时, 可按该钢种的操作要点进行控制。

开吹枪位确定——控制原则: 早化渣, 多去磷。

(1) 铁水硅、磷高时, 渣量大, 易喷溅, 枪位应略低 100mm; 铁水硅、磷低时, 为促进石灰熔化, 保证适量的 (FeO), 枪位应略高 100mm。

(2) 铁水温度低, 开吹枪位应采用低于正常枪位 100mm, 吹炼 1.5min 后恢复正常枪。

(3) 开新前 5 炉由于炉膛容积小, 复吹搅拌好, 铁水液面高, 易喷溅, 开吹枪位应采用低于正常枪位约 100mm。

(4) 氧压 0.6~0.7 MPa 时冶炼枪位比正常氧压低 50mm。

(5) 石灰用量大或生烧严重时, 为促进石灰熔化, 枪位适当提高 100~200mm。

中期枪位控制——控制原则: 化好渣, 快速脱碳, 均匀升温, 不返干、不喷溅, 不粘枪。

(1) 在 C-O 反应激烈时, 应适当提高枪位 100~200mm, 保证 C-O 反应均衡进行, 防止炉渣出现恶性喷溅及严重“返干”。

(2) 炉内温度低时, 炉渣成砣, 渣料可少加, 适当配加调渣剂化渣, 促进渣料熔化。

后期枪位控制——控制原则: 调整好炉渣的氧化性与流动性, 继续去除硫、磷, 准确控制终点。

(1) 确保 850s 第一次倒炉时, 熔池温度控制在 1590~1610℃。

(2) 过程渣没化好时, 应提枪化渣, 在拉碳前 2~3min 将枪位适当提高, 让终渣保持必要的氧化能力。倒炉时, 可尽量倒出高硫、磷的熔渣。

(3) 冶炼高、中碳钢时, 应适当提高枪位。

(4) 拉碳时应适当压低枪位, 以利于加强熔池搅拌, 均匀成分和温度, 降低渣中 FeO 含量, 减少铁损, 保护炉衬, 拉碳枪位停留时间应不少于 30s。

2.1.1.4 造渣制度

正常情况下采用单渣操作, 高碳钢采用高拉补吹法操作。

常规钢种终渣碱度控制范围 $R=2.2 \sim 3.5$, 其他按操作要点执行。

铁水 $[\text{Si}] \geq 1.2\%$, 或 $[\text{P}] \geq 0.12\%$, 双渣时间选择在开吹后 300 ~ 400s 之间。为了烧好炉衬, 新炉 1 ~ 10 炉或补炉后第一炉不得采用双渣法操作。

冶炼中高碳钢采用高拉补吹操作, 保证终点 C-T 协调出钢。

造渣料加入方法: 采用分批加入的操作工艺, 一般第一批渣料在开吹的同时加入, 加入量为总量的 $1/2 \sim 2/3$, 第二批渣料在前期渣化好后分批加入, 视化渣情况, 在 4 ~ 6min 内加完。保证终渣 MgO 达到 8% ~ 10%。渣料的配比及加入量必须与铁水条件、渣料质量、化渣情况、装入制度、熔池温度等密切配合。第二批料的加入应贯彻勤加少加的原则。

$$\text{石灰加入量} = \frac{2.14 \times [\text{Si}] \% \times \text{碱度}}{(\text{CaO} \%)_{\text{有效}}} \times \text{铁水量}(\text{kg})$$

或:

$$\text{石灰加入量} = \frac{2.2 \times [\text{Si} + \text{P}] \% \times \text{碱度}}{(\text{CaO} \%)_{\text{有效}}} \times \text{铁水量}(\text{kg}) \quad (\text{当铁水} [\text{P}] > 0.30\% \text{ 时})$$

(1) 根据温度、化渣情况分批加入球团矿, 每批加入量不超过 300kg。

(2) 根据炉内化渣情况多批少量加入调查剂, 每批加入量不超过 200kg, 每炉用量控制在 400kg 以下。

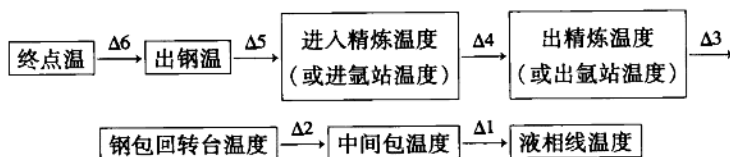
(3) 终点调温可用石灰和轻烧白云石, 调温加料量大于 500kg 时, 必须下枪点吹。

2.1.1.5 温度制度

终点温度的确定:

$$\text{终点温度} = \text{液相线温度} + \text{标准温度} + \text{校正温度}$$

A 标准温度确定方法



其中: $\Delta 1$ 为中间包内的过热度; $\Delta 2$ 为钢包和中间包之间的温降; $\Delta 3$ 为炉外精炼至钢包回转台间运输温降; $\Delta 4$ 为炉外精炼处理过程温度变化; $\Delta 5$ 为转炉至炉外精炼之间的运输温降; $\Delta 6$ 为出钢温降 (包括铁合金和渣料的影响)。

标准温度参考值: $\Delta 1 = 15 \sim 20^\circ\text{C}$; $\Delta 2 = 40^\circ\text{C}$ 。钢包运输温降按 $1.5 \sim 2^\circ\text{C}/\text{min}$ 考虑。

出钢温降包括:

(1) 出钢过程钢包吸热、出钢散热、镇静温降等因素取 25°C 。

(2) 出钢过程加入合金、渣料造成的温降如表 2-3 所示。