



高效轧制国家工程研究中心先进技术丛书

棒线材生产创新 工艺及设备

Innovative Technology and Equipment in Wire Rod and
Bar Production

■ 程知松 编著

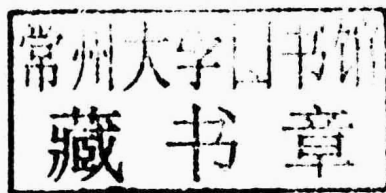


冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

高效轧制国家工程研究中心先进技术丛书

棒线材生产创新工艺及设备

程知松 编著



北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2016

内 容 简 介

棒线材作为钢铁产品中的重要产品,在国民经济建设中发挥着重要的作用。本书主要介绍热轧棒线材国内生产线创新的生产工艺、研制的新设备应用及对现有设备改造的经验。主要内容包括连铸坯直接轧制及热送热装、连铸坯在线表面检测、高刚度轧机及减定径机组应用、切分轧制及无孔型轧制、高速棒材轧制工艺、先进的线材精整设备应用、棒线材在线控制轧制和控制冷却工艺,同时还介绍了一些基础研究工作,如高速线材在线模拟铅浴淬火工艺、不锈钢和碳钢复合棒材轧制工艺等。对加热炉的发展也做了详细描述,重点介绍了适合不同钢种轧制工艺要求对应的加热炉结构形式。

本书可供从事棒线材轧钢工程设计、生产技术人员使用,尤其是对旧生产线改造具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

棒线材生产创新工艺及设备/程知松编著. —北京:
冶金工业出版社, 2016. 10

(高效轧制国家工程研究中心先进技术丛书)

ISBN 978-7-5024-7355-6

I. ①棒… II. ①程… III. ①线材轧制—生产工艺
②线材轧制—生产设备 IV. ①TG335.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 244496 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

责任编辑 李培禄 于昕蕾 美术编辑 吕欣童 版式设计 杨 帆 彭子赫

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7355-6

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

2016 年 10 月第 1 版, 2016 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 13 印张; 310 千字; 192 页

40.00 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)

《高效轧制国家工程研究中心先进技术丛书》

编辑委员会

主 任 唐 荻

副主任 张勇军 何安瑞 陈雨来

委 员 (按姓氏笔画为序)

米振莉 杨 荃 余 伟 宋 勇 张 飞

邵 健 武会宾 周 鹏 徐 科 郭 强

崔 衡 程知松

顾 问 刘文仲 王 京 蔡庆伍 侯建新

— 序 言 —

高效轧制国家工程研究中心（以下简称轧制中心）自1996年成立起，坚持机制创新与技术创新并举，采用跨学科的团队化科研队伍进行科研组织，努力打破高校科研体制中以单个团队与企业开展短期项目为主的科研合作模式。自成立之初，轧制中心坚持核心关键技术立足于自主研发的发展理念，在轧钢自动化、控轧控冷、钢种开发、质量检测等多项重要的核心技术上实现自主研发，拥有自主知识产权。

在立足于核心技术自主开发的前提下，借鉴国际上先进的成熟技术、器件、装备，进行集成创新，大大降低了国内企业在项目建设过程的风险与投资。以宽带钢热连轧电气自动化与计算机控制技术为例，先后实现了从无到有、从有到精的跨越，已经先后承担了国内几十条新建或改造升级的热连轧计算机系统，彻底改变了我国在这些关键技术方面完全依赖于国外引进的局面。

针对首都钢铁公司在搬迁重建后产品结构调整的需求，特别是对于高品质汽车用钢的迫切需求，轧制中心及时组织多学科研发力量，在2005年9月23日与首钢总公司共同成立了汽车用钢联合研发中心，积极探索该联合研发中心的运行与管理机制，建组同一个研发团队，采用同一个考核机制，完成同一项研发任务，使首钢在短时间内迅速成为国内主要的汽车板生产企业，这种崭新的合作模式也成为体制机制创新的典范。相关汽车钢的开发成果迅速实现在国内各大钢铁公司的应用推广，为企业创造了巨大的经济效益。

实践证明，轧制中心的科研组织模式有力地提升了学校在技术创新与服务创新方面的能力。回首轧制中心二十年的成长历程，有艰辛更有成绩。值此轧制中心成立二十周年之际，我衷心希望轧制中心在未来的发展中，着眼长远、立足优势，聚焦高端技术自主研发和集成创新，在国家技术创新体系中发挥应有的更大作用。

高效轧制国家工程研究中心创始人

徐金松 教授

2016年9月

— 序 言 —

高效轧制国家工程研究中心成立二十年了。如今她已经走过了一段艰苦创新的历程，取得了骄人的业绩。作为当初的参与者和见证人，回忆这段创业史，对启示后人也是有益的。

时间追溯到1992年。当时原国家计委为了尽快把科研成果转化为生产力（当时转化率不到30%），决定在全国成立30个工程中心。分配方案是中科院、部属研究院和高校各10个。于是，原国家教委组成了评审小组，组员单位有北京大学、清华大学、西安交通大学、天津大学、华中理工大学和北京科技大学。前5个单位均为教委直属，北京科技大学是唯一部属院校。经过两年的认真评审，最初评出9个，评审小组中前5个教委高校当然名列其中。最终北京科技大学凭借获得多项国家科技进步奖的实力和大家坚持不懈的努力，换来了评审的通过。这就是北京科技大学高效轧制国家工程研究中心的由来。

二十年来，在各级领导的支持和关怀下，轧制中心各任领导呕心沥血，带领全体员工，克服各种困难，不断创新，取得了预期的效果，并为科研成果转化做出了突出贡献。我认为取得这些成绩的原因主要有以下几点：

（1）有一只过硬的团队，他们在中心领导的精心指挥下，不怕苦，连续工作在现场，有不完成任务不罢休的顽强精神，也赢得了企业的信任。

（2）与北科大设计研究院（甲级设计资质）合为一体，在市场竞争中有资格参与投标并与北科大科研成果打包，有明显优势。

（3）有自己的特色并有明显企业认知度。在某种意义上讲，生产关系也是生产力。

总之，二十年过去了，展望未来，竞争仍很激烈，只有总结经验，围绕国民经济主战场各阶段的关键问题，不断创新、攻关，才能取得更大成绩。

高效轧制国家工程研究中心轧机成套设备领域创始人

 教授

2016年9月

— 序 言 —

高效轧制国家工程研究中心走过了二十年的历程，在行业中取得了令人瞩目的业绩，在国内外具有较高的认知度。轧制中心起步于消化、吸收国外先进技术，发展到结合我国轧制生产过程的实际情况，研究、开发、集成出许多先进的、实用的、具有自主知识产权的技术成果，通过将相关核心技术成果在行业里推广和转移，实现了工程化和产业化，从而产生了巨大的经济效益和社会效益。

以热连轧自动化、高端金属材料研发、成套轧制工艺装备、先进检测与控制为代表的多项核心技术已取得了突出成果，得到冶金行业内的一致认可，同时也培养、锻炼了一支过硬的科技成果研发、转移转化队伍。

在中心成立二十周年的日子里，决定编辑出版一套技术丛书，这套书是二十年中心技术研发、技术推广工作的总结，有非常好的使用价值，也有较高的技术水准，相信对于企业技术人员的工作，对于推动企业技术进步是会有作用的。参加本丛书编写的人员，除了具有扎实的理论基础以外，更重要的是长期深入到生产第一线，发现问题、解决问题、提升技术、实施项目、服务企业，他们中的很多人以及他们所做的工作都可以称为是理论联系实际典范。

高效轧制国家工程研究中心轧钢自动化领域创始人

孙一康 教授

2016年9月

— 序 言 四 —

我国在“八五”初期，借鉴美国工程研究中心的建设经验，由原国家计委牵头提出了建立国家级工程研究中心的计划，旨在加强工业界与学术界的合作，促进科技为生产服务。我从1989年开始，参与了高效轧制国家工程研究中心的申报准备工作，1989~1990年访问美国俄亥俄州立大学的工程中心、德国蒂森的研究中心，了解国外工程转化情况。后来几年时间里参加了多次专家论证、现场考察和答辩。1996年高效轧制国家工程研究中心终于获得正式批准。时隔二十年，回顾高效轧制国家工程研究中心从筹建到现在的发展之路，有几点感想：

(1) 轧制中心建设初期就确定的发展方向是正确的，而且具有前瞻性。以汽车板为例，北京科技大学不仅与鞍钢、武钢、宝钢等钢铁公司联合开发，而且与一汽、二汽等汽车厂密切联系，做到了科研、生产与应用的结合，促进了我国汽车板国产化进程。另外需要指出的是，把科学技术发展要适应社会和改善环境写入中心的发展思路，这个观点即使到了现在也具有一定的先进性。

(2) 轧制中心的发展需要平衡经济性与公益性。与其他国家直接投资的科研机构不同，轧制中心初期的主要建设资金来自于世行贷款，因此每年必须偿还100万元的本金和利息，这进一步促进轧制中心的科研开发不能停留在高校里，不能以出论文为最终目标，而是要加快推广，要出成果、出效益。但是同时作为国家级的研究机构，还要担负起一定的社会责任，不能以盈利作为唯一目的。

(3) 创新是轧制中心可持续发展的灵魂。在轧制中心建设初期，国内钢铁行业无论是在发展规模上还是技术水平上，普遍落后于发达国家，轧制中心的创新重点在于跟踪国际前沿技术，提高精品钢材的国产化率。经过了近二十年的发展，创新的中心要放在发挥多学科交叉优势、开发原创技术上面。

轧制中心成立二十年以来，不仅在科研和工程应用领域取得丰硕成果，而且培养了一批具有丰富实践经验的科研工作者，祝他们在未来继续运用新的机制和新的理念不断取得辉煌的成绩。

高效轧制国家工程研究中心汽车用钢研发领域创始人

王光建 教授

2016年9月

— 序 言 五 —

1993年末，当时自己正在德国斯图加特大学作访问学者，北京科技大学压力加工系主任、自己的研究生导师王先进教授来信，希望我完成研究工作后返校，参加高效轧制国家工程研究中心的工作。那时正是改革开放初期，国家希望科研院所不要把写论文、获奖作为科技人员工作的终极目标，而是把科技成果转移和科研工作进入国家经济建设的主战场为己任，因此，国家在一些大学、科研院所和企业成立“国家工程研究中心”，通过机制创新，将科研成果经过进一步集成、工程化，转化为生产力。

二十多年过去了，中国钢铁工业有了天翻地覆的变化，粗钢产量从1993年的8900万吨发展到2014年的8.2亿吨；钢铁装备从全部国外引进，变成了完全自主建造，还能出口。中国的钢材品种从许多高性能钢材不能生产到几乎所有产品都能自给。

记得高效轧制国家工程研究中心创建时，我国热连轧宽带钢控制系统的技术完全掌握在德国的西门子，日本的东芝、三菱，美国的GE公司手里，一套热连轧带钢生产线要90亿元人民币，现在，国产化的热连轧带钢生产线仅十几亿元人民币，这几大国际厂商在中国只能成立一个合资公司，继续与我们竞争。那时国内中厚板生产线只有一套带有进口的控制冷却设备，而今80余套中厚板轧机上控制冷却设备已经是标准配置，并且几乎全部是国产化的。那时中国生产的汽车用钢板仅仅能用在卡车上，而且卡车上的几大难冲件用国外钢板才能制造，今天我国的汽车钢可满足几乎所有商用车、乘用车的需要……这次编写的7本技术丛书，就是我们二十年技术研发的总结，应当说工程中心成立二十年的历程，我们交出了一份合格的答卷。

总结二十年的经验，首先，科技发展一定要与生产实践密切结合，与国家经济建设密切结合，这些年我们坚持这一点才有今天的成绩；其次，机制创新是成功的保证，好的机制才能保证技术人员将技术转化为己任，国家二十年前提出的“工程中心”建设的思路和政策今天依然有非常重要的意义；第三，坚持团队建设是取得成功的基础，对于大工业的技术服务，必须要有队伍才能有成果。二十多年来自己也从一个创业者到了将要离开技术研发第一线的年纪了，自己真诚地希望，轧制中心的事业、轧制中心的模式能够继续发展，再创辉煌。

高效轧制国家工程研究中心原主任

 教授

2016年9月

前 言

长期以来，棒线材产品一直是我国国民经济建设中重要的、广泛应用的金属制品。我国棒线材生产线由中华人民共和国成立初期的苏联模式逐步发展到改革开放后的欧美模式，工艺技术及装备水平日益提升，一条生产线的年生产能力由过去的几万吨发展到现在的一百多万吨，生产效率大大提高。

我国的棒线材生产技术及装备一直走的是引进—消化—吸收—提升这一路线。在冶金系统的各大设计院所及厂矿企业的共同努力下，目前我国的棒线材生产线装备水平总体处于国际先进水平，但与发达国家相比仍有一定的差距。

本书编写的目的旨在反映我国目前的棒线材生产工艺技术及装备最新发展状况，包括连铸坯直接轧制、高精度轧制、挖轧控冷、高速轧制等工艺技术的应用及相应设备的应用，同时还介绍了不同工艺要求下的加热炉发展状况，其中包括很多作者长期以来所做的业绩及作者个人的观点。由于作者水平有限，搜集的资料不尽完全，望广大同行给予批评指正，以便在以后的再版时补充完善。

本书由北京科技大学高效轧制国家工程研究中心程知松主编，第1章和第2章由程知松编写，第3章由高效轧制国家工程研究中心何春雨、程知松编写，第4章由合作单位石家庄市三阳工业炉有限责任公司王晓敏编写。在编写过程中得到了太重煤机有限公司设计院苏俭华院长、中冶东方长材公司董红卫总经理、首钢长治钢铁有限公司郭新文副总经理、哈飞工业机电设备制造公司龚林生总经理及合肥东方节能科技股份有限公司赵家柱总经理等同行的大力支持，并且受到北京科技大学原副校长钟廷珍教授的悉心指导，在此一并表示衷心感谢。

编 者
2016年7月

— 目 录 —

1 轧钢工艺	1
1.1 产品及坯料	1
1.1.1 产品	1
1.1.2 坯料	1
1.1.3 钢种	1
1.1.4 生产规模	2
1.2 工艺流程描述	2
1.2.1 大型棒材	2
1.2.2 中、小型棒材	4
1.2.3 高速线材	6
1.3 工艺平面布置	8
1.4 车间竖向布置	12
1.5 轧制新工艺	13
1.5.1 连铸坯直接轧制	13
1.5.2 连铸坯热送热装	15
1.5.3 切分轧制	18
1.5.4 无孔型轧制	26
1.5.5 单一孔型轧制	29
1.5.6 碳钢和不锈钢复合轧制棒材	31
1.5.7 连铸坯轻/重压下工艺	34
1.5.8 无头轧制	35
1.5.9 高速棒材生产	38
2 生产线设备创新	44
2.1 轧机	44
2.1.1 概述	44
2.1.2 对摩根立式轧机高度优化改造	47
2.1.3 立式短应力线轧机轴向窜动优化改进	49
2.1.4 对波米尼平立转换轧机改造	53
2.1.5 新型固定式平立转换轧机	55
2.1.6 棒材减定径机组	57
2.1.7 线材减定径机组	61
2.1.8 高线双机架迷你轧机	64
2.2 辅助设备	67

2.2.1	高速圆盘飞剪	67
2.2.2	高速棒材上钢系统	69
2.2.3	适合优特钢棒材生产的复合步进式冷床	72
2.2.4	棒材冷飞剪	74
2.2.5	中型棒材精整区分钢装置	77
2.2.6	线材精整设备选型	80
2.2.7	棒材大盘卷生产线加勒特卷取机	89
2.2.8	棒线材打捆机	92
2.3	检测设备	96
2.3.1	棒材计数器	96
2.3.2	测径仪	100
2.3.3	连铸坯表面缺陷检测系统	102
3	控制冷却	104
3.1	控制冷却机理	104
3.2	控制轧制	106
3.3	棒材控制冷却	109
3.3.1	棒材穿水冷却工艺原理	109
3.3.2	棒材穿水冷却工艺特点	110
3.3.3	棒材控制冷却目的及意义	110
3.3.4	应用效果	110
3.3.5	棒材穿水冷却系统构成	111
3.3.6	棒材控冷工艺布置分析	114
3.3.7	棒材不同钢种控轧控冷温度制度	115
3.3.8	特殊钢棒材实现控轧控冷目标	117
3.3.9	棒材的在线固溶	117
3.4	线材轧后冷却	118
3.4.1	斯太尔摩控制冷却工艺	119
3.4.2	气雾冷却	121
3.4.3	线材水浴	123
3.4.4	亚声波冷却	125
3.4.5	线材铅浴	125
3.4.6	线材盐浴	126
3.4.7	线材固溶	126
3.4.8	线材相变后冷却	127
3.5	脱头轧制	128
4	加热炉	129
4.1	加热炉概述	129

4.1.1	加热炉分类	129
4.1.2	加热炉的燃料及来源	130
4.1.3	推钢式连续加热炉	130
4.2	传统蓄热式加热炉	157
4.2.1	蓄热式加热炉工作原理	157
4.2.2	内置通道式蓄热式加热炉	160
4.2.3	外置式蓄热式加热炉	161
4.2.4	烧嘴式蓄热式加热炉	161
4.3	带炉尾附烟道烟囱的蓄热式加热炉	170
4.3.1	碳素结构钢	171
4.3.2	合金结构钢	171
4.3.3	滚动轴承钢	171
4.3.4	弹簧钢	171
4.4	步进底式加热炉的应用	173
4.4.1	步进式加热炉概述	173
4.4.2	步进梁式加热炉实例	175
4.4.3	步进底式加热炉实例	176
4.5	特殊钢行业各种炉子	179
4.5.1	辊底式加热炉	179
4.5.2	隧道窑	182
4.5.3	环形加热炉	187
参考文献		192

1.1 产品及坯料

1.1.1 产品

棒线材产品范围非常广，产品直径从 4.5~300mm，其中以盘卷形式交货的产品称为“线材”，以直条形式交货的产品称为“棒材”。

广义的线材概念包括两个意思：一是采用高速线材轧机生产的线材，产品直径从 4.5~25mm；二是采用棒材轧机生产的线材，或者称为大盘卷，产品直径从 16~50mm。

棒材产品按轧机规格不同，通常分为小型棒材、中型棒材及大型棒材。小型棒材产品直径从 6~50mm，中型棒材产品直径从 40mm~150mm，大型棒材产品直径从 120~300mm。

交货状态通常是热轧状态，对于特殊钢棒线材由于采用了先进的在线热处理工艺，产品可能是调质状态、退火状态、缓冷状态交货，对于大中型棒材产品可能是光亮材交货。

1.1.2 坯料

1.1.2.1 小棒材及线材

对于普碳钢厂，常规采用 150~165mm 方形连铸坯，个别厂家使用 170mm 方坯，粗轧机采用 $\phi(550\sim650)$ mm 轧机。坯料长度为 10~12m。对于特殊钢生产线，可能采用 120mm 方坯或者更大断面的连铸坯。如天津荣程精品高线采用 $\phi 250$ mm 圆坯轧制钢帘线、钢绞线，粗轧后脱头，加保温罩，卷重达到 3t。武钢高线采用 6m 长的 200mm 方坯轧制钢帘线。首钢精品棒材选用 200mm 方坯，抚顺特钢、大冶特钢棒材选用 240mm 方坯，坯料长度为 6~8m。

1.1.2.2 中型棒材

中型棒材产品通常属于优特钢，考虑压缩比需要，通常采用 200~400mm 方坯、矩形坯或圆坯，粗轧机采用 $\phi(650\sim850)$ mm 轧机。如石家庄钢厂中型棒材连轧机采用 300mm×300mm 方坯及 300mm×360mm 矩形连铸坯。对于粗轧采用二辊可逆轧机的半连轧生产线，坯料断面可取较大值。

1.1.2.3 大型棒材

大型棒材产品属于优特钢较多，也包括部分管坯钢。通常采用 400~800mm 方坯或圆坯，粗轧机采用 $\phi(950\sim1250)$ mm 二辊可逆轧机。如江阴兴澄特钢采用 $\phi 800$ mm 连铸圆坯生产轴承钢。

1.1.3 钢种

棒线材产品种类几乎涵盖了所有钢种，具体钢种如下：

- (1) 各牌号碳素结构钢。代表钢种：Q195、Q215、Q235、ML20、H08A 等。
- (2) 各牌号低合金高强度结构钢。代表钢种：20MnSi、25MnSiV、82B 等。
- (3) 优质碳素结构钢。代表钢种：20 号钢、45 号钢等。
- (4) 合金结构钢。代表钢种：40Cr、20CrMnMo、20CrNiMo2A 等。
- (5) 易切削结构。代表钢种：Y12、Y15、Y20 等。
- (6) 弹簧钢。代表钢种：50CrV、72A、65Mn、60Si2Mn 等。
- (7) 滚动轴承钢。代表钢种：GCr15、GCr15SiMn 等。
- (8) 碳素工具钢。代表钢种：T8、T10 等。
- (9) 合金工具钢。代表钢种：Cr12MoV 等。
- (10) 高速工具钢。代表钢种：W18Cr4V 等。
- (11) 不锈钢。代表钢种：铁素体 Cr17、马氏体 2Cr3、奥氏体 1Cr18Ni9Ti、双相不锈钢 Cr17Ni2 等。

按钢铁产品的不同用途分类，一些钢号可能列在不同的钢种内，如焊条钢、弹簧钢。

1.1.4 生产规模

棒线材产量占钢铁产品总量的 40%~50%，通常一条半连轧生产线年产量为 30 万~60 万吨，一条全连轧生产线年产量为 50 万~120 万吨。高线单线年产量最高为 75 万吨，双线年产量为 120 万吨；棒材一般采用单线生产，普碳钢企业以钢筋生产为主的棒材生产线通过采用多线切分工艺将轧机能力提高到 120 万吨/年，采用高速精轧机组的单线棒材生产能力最高达到 75 万吨/年。以优特钢生产为主的生产线年产量取下限。

1.2 工艺流程描述

棒线材生产线根据轧机数量不同，通常分为几个机组进行描述，包括以下三类：

- (1) 大型棒材：粗轧和精轧。
- (2) 中、小型棒材：粗轧、中轧、精轧。
- (3) 高速线材：粗轧、中轧、预精轧、精轧。

对于中、小型棒材和高速线材生产线，可能还有减定径机组。对特殊钢棒线材，由于轧机数量较多，可能将中轧机组分为一中轧和二中轧，采用切头飞剪位置区分各机组。

热轧棒线材都是由三大工序完成的，即原料加热、轧制、成品精整收集。下面分别对不同类别的生产线典型实例进行工艺流程描述。

1.2.1 大型棒材

以 J 厂大型轧机为例，大型轧机由于生产能力较大，一般都肩负部分开坯能力。主要产品为优特钢棒材和用于小型棒线材生产线的 120~150mm 方坯。工艺流程分两部分进行描述。

1.2.1.1 轧制生产线

坯料供应采用热送和冷装两种方式。炼钢厂提供的热坯由辊道热送，经移钢台架送至入炉辊道；冷装料由汽车运输至原料跨，采用吊车吊至冷坯上料台架上，逐根移送至入炉辊道上，经人工目视检查、不合格钢坯剔除，合格连铸坯经称重、测长后由托钢机构送入

步进梁式加热炉内进行加热。

为适应坯料的冷热温度不同和钢种的多样,便于灵活管理,轧钢车间设计了两座加热炉,钢坯单排布料,在炉内加热到 $1050\sim 1200^{\circ}\text{C}$,加热好的钢坯由出料机逐根移出炉外,快速经过高压水除鳞后进入开坯轧机轧制。

轧件在 $\phi 1100\text{mm}/950\text{mm}$ 二辊可逆式开坯轧机上往复轧制,并借助轧机前后推床和翻钢机完成翻移钢,根据坯料尺寸、钢种和温度的不同,经 $5\sim 13$ 道次轧成所需规格的中间坯。轧出的中间坯由热剪机切头或分段,需要轧成圆钢成品的由辊道输送到精轧机组轧制。由开坯轧机轧出的 $140\text{mm}\times 140\text{mm}$ 方坯上翻转冷床冷却至 200°C 以下收集,保证其平直度。

轧件在精轧机组共 6 个机架中进行连续轧制,根据规格不同,选择合适的轧制道次和机架,最终成品为 $\phi (120\sim 280)\text{mm}$ 圆钢。成品机架最大轧制速度为 1.0m/s 。

轧制成品件出开坯机组经液压热剪切头后,再进入六架精轧机轧制,为获得良好的产品表面质量和尺寸精度,精轧机组采用立、平交替布置,实现无扭轧制。并在精轧机组后预留测径仪在线连续监控产品尺寸精度。

轧制后进入编组台架进行成排。小规格轧件可由设在精轧机组后的倍尺飞剪切成倍尺,切成倍尺长度的轧件以及长度不大于 80m 的整根轧件由辊道送入横移编组台架编组成排后送到输出辊道,再由辊道输送到齐头挡板处齐头后送入锯机锯切。

$\phi 150\text{mm}$ 以下的圆钢在编组台架上成排后,由热锯锯切, $\phi 150\text{mm}$ 以上的圆钢单根锯切,2 台固定式热锯机和 1 台移动式热锯机(预留)在 2 台定尺机的配合下将成排轧件锯切成定尺长度。第一台锯机负责把成排轧件切成倍尺,第二台锯机负责把第一台锯机锯切的倍尺轧件切成定尺。

切成定尺的轧件经辊道运至步进齿条式冷床进行冷却,冷却后的轧件经精整、打捆,收集入库。需缓冷的轧件快速过跨收集后,由吊车吊入缓冷坑缓冷,经精整处理后收集入库,发货时称量,采用行车吊运称重。

剪机和锯机切下的头、尾经溜槽落入收集筐中,其他轧制废品用火焰切割成小段装入收集筐中,用吊车将收集筐中废钢运至指定地点堆放,定期运至炼钢厂。

落入铁皮沟中的氧化铁皮经水冲至一次沉淀池,定期用抓斗抓入滤水池,滤干后运出厂外。

轧制生产线工艺流程见图 1-1。

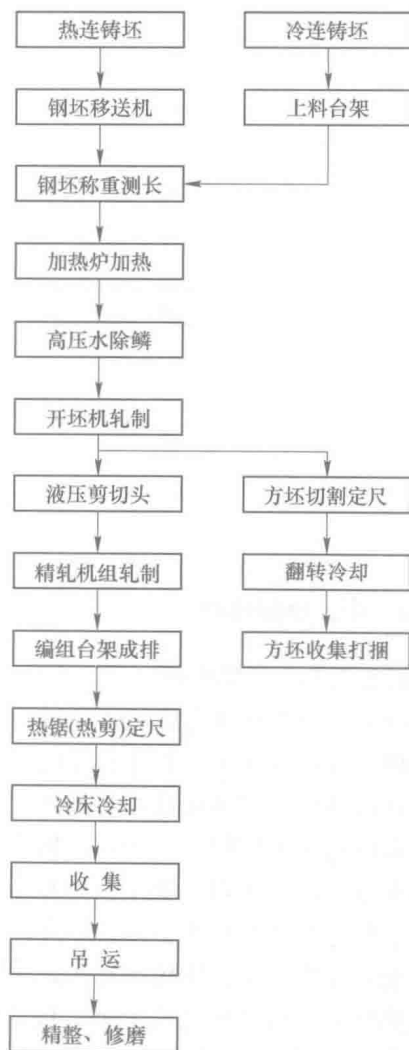


图 1-1 大棒材生产线工艺流程

1.2.1.2 精整生产线

生产工艺过程包括上料、抛丸、矫直、倒棱、联合探伤（涡流、超声波）、修磨、打捆及收集等工序。需要精整的钢材由吊车吊到上料台架上，逐根送入抛丸机清除氧化铁皮，需矫直的圆钢送入斜辊矫直机矫直，矫直后的大部分钢材由矫直收集台架收集，要求较高质量的钢材继续进入后续工序检查处理。矫直后的钢材经缓冲台架送入倒棱机倒棱，钢材倒棱后，根据需要，可直接由倒棱收集台架收集，或进入联合探伤机组进行钢材表面和内部质量探伤检查，有缺陷的钢材被送入修磨台架人工处理，探伤合格的钢材在缓冲台架后打捆，成捆的合格钢材称重、收集入库。

精整生产线工艺流程见图 1-2。

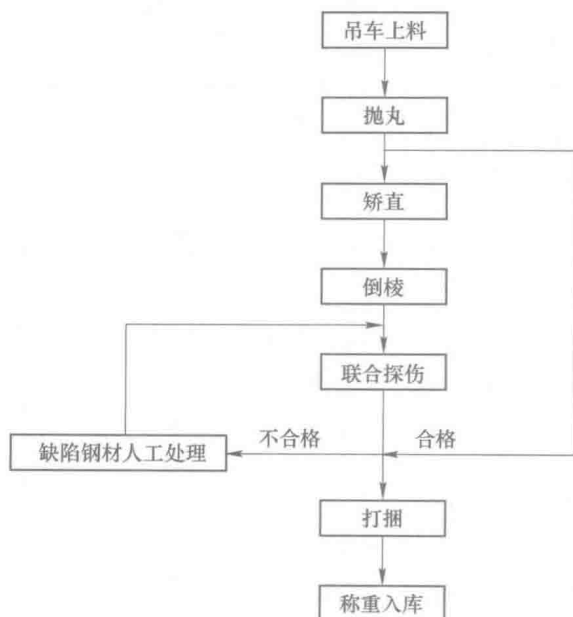


图 1-2 大棒材精整工艺流程

1.2.2 中、小型棒材

1.2.2.1 中型棒材

以 S 厂中型轧机为例，该轧机为全连续布置。也有的厂家采用半连轧布置形式，粗轧机采用二辊可逆轧机，对坯料规格的适应范围更广。

坯料供应采用热送和冷装两种方式。S 厂炼钢厂提供的热坯由辊道热送，经移钢台架及提升机送入入炉辊道（该厂轧机布置在 5m 平台上）；冷装料由汽车运输至原料跨，采用吊车吊至冷坯上料台架上，逐根移送至入炉辊道上，经人工目视检查、不合格钢坯剔除，合格连铸坯经称重、测长后由辊道送入步进梁式加热炉内进行加热。

全连轧生产线，钢坯在加热炉内单排料布置，在炉内加热到 1050~1200℃，出炉辊道把加热好的钢坯逐根送出炉外，快速经过高压水除鳞后进入粗轧机轧制。对半连轧生产线，由于坯料长度较短，通常钢坯在加热炉内双排布料。