

· 高职高专实验实训“十二五”规划教材 ·



高速线材生产实训

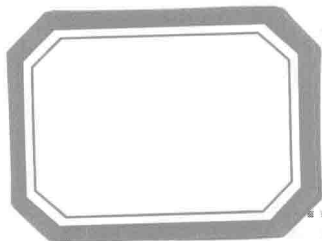
GAOSU XIANCAI SHENGCHAN SHIXUN

杨晓彩 袁志学 主 编

5.6



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



高职高专实验实训“十二五”规划教材

高速线材生产实训

主 编 杨晓彩 袁志学

副主编 李秀敏 石永亮 陈 涛 韩晓威

北 京

冶金工业出版社

2015

内 容 提 要

本书是高职高专实验实训“十二五”规划教材,是根据国家示范院校重点建设材料工程技术(轧钢)专业课程改革要求和教材建设计划,参照冶金行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,依照冶金企业的生产实际和岗位群的技能要求编写而成。全书共分7章,主要包括:高速线材的生产工艺,孔型、导卫与轧辊,高速线材粗、中轧机的调整,预精轧和精轧机组操作技能,主控台,控轧控冷与精整操作,高速线材轧机产品的质量控制。各章均配有复习思考题。

本书可作为材料工程技术(轧钢)专业和材料成型与控制技术专业岗位实训教材,也可作为企业岗位培训教材和相关专业工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高速线材生产实训/杨晓彩,袁志学主编. —北京:
冶金工业出版社, 2015. 1

高职高专实验实训“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6183-6

I. ①高… II. ①杨… ②袁… III. ①线材轧制
IV. ①TG335. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 237542 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 俞跃春 贾怡雯 美术编辑 杨 帆 版式设计 葛新霞

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6183-6

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京百善印刷厂印刷

2015 年 1 月第 1 版, 2015 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 12 印张; 289 千字; 182 页

33.00 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 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

本书是按照国家示范院校重点建设材料工程技术（轧钢）专业课程改革要求、教材建设计划编写的教材。教材内容在行业专家、毕业生工作岗位调研的基础上，跟踪技术发展趋势，以及加热、轧制、精整的任职要求和更新变化，同时还参照了冶金行业职业技能标准和职业技能鉴定规范，符合冶金企业的生产实际和岗位群的技能要求，体现了以岗位技能为目标的特点。

本书共分2个理论讲解项目和5个理实一体项目。在具体内容组织安排上，以岗位操作为主线，根据工作过程和学生认知规律安排。在叙述和表达方式上力求做到深入浅出，通俗易懂。

本书主要为材料工程技术（轧钢）专业高速线材生产课程项目化教学使用，对专业技术人员也有一定的参考价值。

本书由河北工业职业技术学院杨晓彩、袁志学任主编，河北工业职业技术学院李秀敏、石永亮、陈涛以及中钢集团工程设计研究院有限公司石家庄设计院的韩晓威任副主编，参加编写的还有河北工业职业技术学院张景进、戚翠芬、巩甘雷等。

本书在编写过程中参考多种相关书籍、资料，在此，对其作者一并表示由衷的感谢。由于编者水平所限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2014年8月

目 录

1 高速线材的生产工艺	1
1.1 线材的特点及用途	1
1.1.1 线材的特点	1
1.1.2 线材的用途	1
1.2 高速线材的生产工艺特点	2
1.2.1 高速度轧制的意义	2
1.2.2 高速轧制的前提无扭精轧	2
1.2.3 “高速”对生产工艺的要求	2
1.3 控轧及轧后控制冷却	3
1.3.1 高速度轧制必须实行控轧	3
1.3.2 轧后控制冷却工艺可得到高质量的产品	4
1.4 高速线材轧机近年来的技术发展	4
1.4.1 不断提高轧制速度	4
1.4.2 精轧机普遍采用顶交 45°结构	4
1.4.3 8+2 和 8+4 精轧机组	4
1.4.4 实现控制轧制	5
1.4.5 预精轧机采用成组传动顶交 45°结构	5
1.4.6 高速切头尾的飞剪	6
1.4.7 日臻完善的控冷工艺与设备	6
1.4.8 轧机越来越多的采用变频交流传动	6
1.5 高速线材生产的工艺流程	7
1.5.1 钢坯存放	7
1.5.2 钢坯质量检查	7
1.5.3 钢坯称量	7
1.5.4 钢坯加热	7
1.5.5 钢坯热装	8
1.5.6 轧前除鳞	8
1.5.7 轧后切头及切尾	8
1.5.8 线材盘卷的压紧捆扎	8
1.5.9 盘卷称重和挂牌牌	8
1.6 一些高速线材厂的生产工艺	9
1.6.1 马钢高线厂实例	9

1.6.2 营口天盛重工高线厂生产线简介	9
1.6.3 某高速线材厂工艺流程简介	14
复习思考题	16
2 孔型、导卫与轧辊	17
2.1 概述	17
2.1.1 椭圆-圆孔型系统	17
2.1.2 粗、中轧延伸孔型系统	18
2.1.3 预精轧、精轧机组孔型	20
2.2 导卫装置	22
2.2.1 导卫梁	24
2.2.2 导槽及喇叭口	24
2.2.3 入口装置	26
2.2.4 出口装置	35
2.3 轧辊	39
2.3.1 轧辊工作直径的计算	39
2.3.2 拉钢系数的分配	39
2.3.3 高速线材轧机的轧辊类型及结构尺寸	39
2.3.4 粗、中轧机组轧辊结构尺寸	40
2.3.5 预精轧机与精轧机的轧辊结构尺寸	40
2.3.6 线材轧辊的主要指标	41
2.3.7 轧辊的材质	42
2.3.8 轧辊冷却	45
2.3.9 轧辊轴承	45
复习思考题	46
3 高速线材粗、中轧机的调整	47
3.1 粗中轧工艺和设备	47
3.1.1 粗中轧的生产工艺	47
3.1.2 粗、中轧区的设备布置与参数	48
3.2 粗、中轧机组轧制前的准备操作	52
3.2.1 轧机安装	52
3.2.2 轧辊安装	52
3.2.3 机组的轧制线与工艺平台	54
3.2.4 导卫安装与调整	54
3.2.5 冷却水管、油气润滑管的安装	57
3.2.6 轧辊设定	57
3.2.7 轧制线对中	59
3.2.8 换辊操作	59

3.2.9 换槽操作	60
3.3 粗、中轧机组轧制过程中的轧机调整操作	60
3.3.1 导卫操作	60
3.3.2 轧件尺寸的检查	61
3.3.3 辊缝调整	62
3.3.4 新槽的试轧	62
3.3.5 事故分析与处理	63
3.4 某小型材生产仿真实训系统	65
3.4.1 用户登录	65
3.4.2 轧机主界面操作流程	66
3.4.3 异常工况解决处理操作	71
复习思考题	71
4 预精轧和精轧机组操作技能	73
4.1 预精轧的工艺和设备形式及参数	73
4.1.1 预精轧的生产工艺	73
4.1.2 预精轧区设备布置	74
4.2 预精轧操作技能	78
4.2.1 换辊及换导卫的操作程序	78
4.2.2 试轧	81
4.2.3 预精轧轧制过程中的调整	81
4.2.4 常见事故的判断和处理	82
4.2.5 设备的日常点检、润滑及维护	83
4.3 精轧机组生产作业操作及技能	83
4.3.1 精轧的工艺和设备形式及参数	83
4.3.2 以马钢高速线材厂为例说明精轧机组的设备型号、参数与布置	85
4.3.3 换辊操作	91
4.3.4 辊缝的设定	92
4.3.5 导卫的安装及调整	92
4.3.6 试轧	92
4.3.7 试轧过程中的调整 and 检查	93
4.3.8 各种常见事故的判断和处理	94
4.3.9 设备的日常点检及维护	95
4.4 45°无扭精轧换辊实训	96
4.4.1 操作步骤	96
4.4.2 操作时注意事项	97
复习思考题	98
5 主控台	99
5.1 主控台概述	99

5.1.1 主控台所管辖的区域设备	99
5.1.2 主控台的职能与控制对象	99
5.1.3 主控台与生产调度室及各操作台的分工和关系	99
5.1.4 高速线材连轧工艺对电气控制的要求	99
5.1.5 高速线材轧机自动检测	100
5.1.6 高速线材连轧机各机组的主传动特点与参数	103
5.2 主设定	103
5.2.1 程序控制	106
5.2.2 剪机控制	107
5.2.3 活套控制	108
5.2.4 小张力自动控制	110
5.2.5 故障报警、信号显示和剪机联锁	111
5.3 其他设定	113
5.3.1 操作台与操作方式	113
5.3.2 传动控制柜与操作方式	114
5.3.3 屏幕显示与画面	114
5.3.4 对讲通讯	116
5.4 轧制准备与参数设定	116
5.4.1 设定轧制程序	116
5.4.2 外部条件的要求与检查	116
5.4.3 故障确认—开机—轧制模拟—开轧	117
5.5 轧制过程控制操作	117
5.5.1 张力与速度调整	117
5.5.2 辊缝与转速、张力调整的关系	118
5.5.3 换辊（槽）后轧制速度调整与试轧	118
5.5.4 变换成品规格后轧制速度的设定	119
5.5.5 钢温变化与调整操作	120
5.5.6 坯料断面变化与调整	120
5.5.7 多线轧制的影响与调整	120
5.5.8 精轧机与夹送辊的速度关系调整	120
5.5.9 轧制控制和操作	121
5.5.10 轧线取样	121
5.5.11 轧辊冷却水控制	121
复习思考题	122
6 控轧控冷与精整操作	123
6.1 控制轧制的概念	123
6.1.1 控制轧制的优点	123
6.1.2 控制轧制的种类	123

6.2 线材的控制冷却基本知识	125
6.2.1 控制冷却的概念	125
6.2.2 线材控制冷却的目的	125
6.2.3 线材控制冷却的工艺要求	127
6.2.4 控制冷却的几种方法	130
6.3 控冷岗位操作技能	132
6.3.1 控制冷却岗位操作技能	132
6.3.2 在线操作工的工作	140
6.3.3 事故处理及原因分析	142
6.3.4 操作安全事项	144
6.4 控冷操作台的操作技能	144
6.4.1 操作台的控制功能	144
6.4.2 生产操作要领	145
6.4.3 异常情况的观察、判断、分析与处理	147
6.4.4 操作安全事项	148
6.5 线材的精整、运输与成品库	149
6.5.1 线材的集卷、修整、检查与取样	149
6.5.2 盘卷的运输与打捆	152
6.5.3 盘卷的称重、卸卷及入库	158
复习思考题	160
7 高速线材轧机产品的质量控制	161
7.1 产品缺陷及质量控制	161
7.1.1 线材使用的质量要求	161
7.1.2 高倍低倍检验	170
7.1.3 力学性能	172
7.1.4 包装及标志	173
7.2 各类产品的生产特点和质量控制	173
7.2.1 焊线钢	173
7.2.2 硬线	174
7.2.3 软线	176
7.2.4 低合金钢线材	177
7.2.5 合金钢线材	178
7.2.6 冷锻钢线材	179
复习思考题	181
参考文献	182



高速线材的生产工艺

1.1 线材的特点及用途

1.1.1 线材的特点

线材是热轧材中断面尺寸最小的一种，由于轧钢厂须将线材在热状态下圈成盘卷并以此交货，故又称之为盘条。

一些带有盘条作业线的高速轧机生产直径的范围为 5.5~60mm，一般高速轧机产品规格的范围为 5.5~30mm。

在产品品种上，高速线材轧机不但能生产碳素结构钢盘条，还能生产几乎所有钢种的盘条；除能生产圆断面光面盘条外，还可以生产相应断面的螺纹盘条，边长为 5~16mm 的方断面盘条和内切圆直径为 5~16mm 的六角盘条。

轧制过程中轧件温降是制约线材产品盘重的决定性因素，高速线材轧机具有普通线材轧机几倍甚至十几倍的轧制速度，完全解决了轧制过程中轧件的温降问题。连续式高速线材轧机从理论上讲可以生产无限大盘重的线材，但实际生产中坯料太长不好，断面受终轧速度限制。上世纪 60 年代中期高速线材轧机的产品盘重通常在 400~700kg，如今大多数高速线材轧机的产品盘重为 1000~2500kg。大盘重的产品不仅增加了用户的效益和提高了再加工的效率，同时也提高了高速线材轧机本身的生产效率和成材率。

通常高速线材轧机的产品断面尺寸精度能达到 $\pm 0.1\text{mm}$ （对 $\phi 5.5 \sim 8.0\text{mm}$ 的产品而言）及 $\pm 0.2\text{mm}$ （对 $\phi 9.0 \sim 16\text{mm}$ 产品及盘条而言），断面不圆度不大于断面尺寸总偏差的 80%。近年来又出现了成圈前的规圆设备，能把断面尺寸偏差控制到 $\pm 0.05\text{mm}$ 。但尽管高速线材轧机能够生产高精度的产品，由于社会需求的线材并不都要求有这样高的断面尺寸精度，实际生产中为合理使用轧辊轧槽和分别满足各种断面尺寸精度的需要，通常把产品断面尺寸精度控制在 $\pm 0.1 \sim \pm 0.3\text{mm}$ 。

近年来通过轧制中的水冷和相应的变形分配所形成的控制轧制工艺，与轧后控制冷却相配合，使高速线材轧机对产品显微组织及力学性能的控制水平更高。高速线材轧机产品性能的高度均一性是其重要特点，目前普遍可以达到同根线材抗拉强度波动不大于 $\pm 2.5\%$ ，同牌号线材抗拉强度波动不大于 $\pm 4\%$ 。

经控制冷却的线材，其表面的次生氧化铁皮量比常规轧制的产品少得多，仅为产品质量的 0.2%~0.6%，而且是易于酸洗清除的 FeO 组织。

1.1.2 线材的用途

线材不仅用途很广而且用量也很大，它在国民经济各部门中占有重要地位。据有关资料统计，各国线材产量占全部热轧材总量的 5.3%~15.3%左右。美国约占 5%，日本约占

8%，英国约占9%，法国约占14%，我国约占20%左右。线材的用途概括起来可分为两大类：一类是线材产品直接被使用，主要用在钢筋混凝土的配筋和焊接结构件方面；另一类是将线材作为原料，经再加工后使用。主要是通过拉拔成为各种钢丝，再经过捻制成为钢丝绳，或再经编制成钢丝网；经过热锻或冷锻成铆钉；经过冷锻及滚压成螺栓，以及经过各种切削加工及热处理制成机器零件或工具；经过缠绕成型及热处理制成弹簧等。

1.2 高速线材的生产工艺特点

高速线材轧机的发展是由改造线材轧机的精轧机组和控冷工艺开始的。高速轧机的生产技术成熟以后又广泛应用于小型和线材轧机的改造，无扭精轧机组的使用在生产效率和产品质量上都比横列式轧机有优势，所以在较低速度范围内也能达到一定的水平。通常高速线材轧机的工艺特点可以概括为连续、高速、无扭和控冷，其中高速轧制是最主要的工艺特点。大盘重、高精度、性能优良则是高速线材轧机的产品特点。

1.2.1 高速度轧制的意义

高速线材生产的轧制速度一直是厂家所追求的，因为轧制速度高，生产效率就高，成本就能降低，所以速度就是效益。以目前共存的几代轧机为例比较如下：从产量来看，一套轧制速度为100m/s的机组年产量为65万吨，而一套50m/s的机组年产量为23万吨，前者为后者的2.83倍左右。

从使用坯料情况看，受第一架入口速度的限制，当出口速度一定时，延伸系数即已确定。因此，轧制速度为100m/s的机组其坯料断面面积是50m/s机组的2倍。后者受连铸坯断面不能过小的限制，有可能需采用初轧坯，使成本大大增加。

从投资情况来看，上一套轧制速度为100m/s的高速线材机组比上二套50m/s高速线材机组的投资低。

总之，提高轧制速度是很有意义的。

1.2.2 高速轧制的前提无扭精轧

高速无扭精轧工艺是现代线材生产的核心技术之一，它是针对以往各种线材轧机存在的诸多问题，综合解决产品多品种规格、高断面尺寸精度、大盘重和高生产率的有效手段。唯精轧高速度才能有高生产率，才能解决大盘重线材轧制过程的温降问题。精轧的高速度要求轧制过程中轧件无扭转，否则轧制事故频发，轧制根本无法进行。因此高速无扭精轧是现代高速线材轧机的一个基本特点。

1966年9月加拿大钢铁公司哈密尔顿厂的第一套高速线材轧机投产时，精轧轧制速度可达到43.3m/s。经过20多年的发展，精轧速度达到了100m/s，至今速度已高达140m/s，高速已成为现代线材轧机速度的一个重要标志。

1.2.3 “高速”对生产工艺的要求

1.2.3.1 保障设备可实现高速

精轧机、夹送辊、吐丝机要能适应高速运转。对无扭轧制来说，限制轧制速度的主要

因素是设备。近几年来为了达到更高的轧制速度,精轧机都在进行强化,例如,轧机精度高了,辊轴粗了,润滑油量加大了,轧机间距拉开了。

1.2.3.2 高速的前提是保证轧件精度

高精度、高质量的轧件是保证不产生轧制故障的最根本条件。通常应保证进入精轧机的轧件偏差不大于 $\pm 0.30\text{mm}$ 。当成品精度要求小于 $\pm 0.15\text{mm}$ 时,进入精轧的轧件偏差不应大于成品尺寸偏差的2倍。轧件偏差值是指轧件全长(包括头尾),特别是头部的最大偏差。头部不良引起的故障最多。

要保证轧件精度,必须严格控制钢坯尺寸精度。钢坯尺寸的波动会影响轧件尺寸及机座间的张力,特别对粗轧前几道影响较大。为此近几年粗轧机组都采用单独传动,以便及时灵活地调节轧制速度,保证微张轧制。

轧件温度也是影响高速轧制的重要因素,要保证轧件精度,必须保证轧件温度均匀稳定,所以要求加热温度均匀、控冷设施灵敏。

要保证轧件精度,轧机机座的刚度、精度都必须达到相当高的水平。轧机精度提高后,槽孔加工误差、轧机部件间不可控制的配合间隙将占去标准规定偏差的一大部分,必须减少这部分造成的偏差损失,使偏差损失不大于偏差值的三分之一。因为生产线材的轧制压力不大,机件弹性变形量并不大,所以线材轧机的精度比刚度更重要,高刚度的追求应当适度。

轧机间的张力对轧件精度影响极大,应尽可能实现无张力和微张力轧制。在预精轧必须实现无张力,在中轧和粗轧通常认为设置3个活套即可。这要看粗、中轧的控制水平。如果各道张力都不大,活套少些也足以保证轧件精度。

椭圆-立椭圆,椭圆-圆孔型系统消差作用较好,所以近几年粗、中轧也尽可能地采用椭圆-圆孔型系统。

1.2.3.3 高速工艺的另一保证是导卫

导卫的精度与轧件头部的质量关系很大,要保证轧件头部的尺寸及形状必须从导卫入手。

1.3 控轧及轧后控制冷却

1.3.1 高速度轧制必须实行控轧

高速度轧制必须实行控轧。轧件在高速线材轧机精轧机组的总延伸系数约为10,轧件出口速度如达 140m/s ,其进口速度也不过 14m/s 左右。 $14\sim 16\text{m/s}$ 仍属低速范围,通常小型轧机轧制速度达 18m/s 。高速线材轧机精轧以前都是低速轧机。但是当轧制速度达到 10m/s 时轧件温度不再下降,超过 10m/s 时轧件温度升高。高速线材轧机多道次逐次升温给生产工艺造成了重大影响。当轧制速度超过 75m/s 时,由于成品温度高,水冷段事故增多。轧制速度过高还会出现水冷段的冷却达不到控冷要求。所以在精轧前增加水冷箱,甚至全线增加水冷,实行控轧,降低开轧温度实行低温轧制。轧制中的大幅度降温与降低开轧温度,为在轧制过程中实现控制中、低碳钢线材的金相组织创造了非常有利的条件。开

轧温度低,奥氏体晶粒小,还可使部分道次在未再结晶区轧制。低温轧制又是节能措施。控轧既是高速线材轧机的客观要求,又是它的突出优点和特点。低温轧制目前实行的不多,主要受原轧机强度和电机能力的限制。

1.3.2 轧后控制冷却工艺可得到高质量的产品

由于高速线材轧机以高速连续的方式生产大盘重的线材产品,终轧温度比普通线材轧机更高,采用传统的成盘自然冷却将使产品质量恶化。为避免传统成盘自然冷却造成的二次氧化严重、轧后线材的力学性能低并严重不均匀,高速轧机生产线材采用轧后控制冷却工艺。

控制冷却是分阶段控制自精轧机轧出的成品轧件的冷却速度,尽量降低轧件的二次氧化量,可根据钢的化学成分和使用性能要求,使散卷状态下的轧件从高温奥氏体组织转变成与所要求性能相对应的常温金相组织。

尽管早在 20 世纪 40 年代轧后控制冷却工艺已在某些线材轧机的生产中应用,但由于当时老式线材轧机的产品盘重都不大,自然成盘冷却问题尚不突出,且用户对产品要求也不太高,线材轧后控制冷却未被广泛采用,轧后控冷技术也没有得以完善。高速线材轧机问世后,大盘重自然冷却使产品质量恶化的问题就极为突出了,这就使轧后控制冷却工艺被广泛采用,并随用户对产品日益提高的要求而逐渐完善。轧后控制冷却工艺已成为高速线材轧机不可分割的组成部分,是高速线材轧机区别于老式线材轧机的特点之一。

1.4 高速线材轧机近年来的技术发展

1.4.1 不断提高轧制速度

提高轧制速度的目的主要是提高单线的生产率,并且随着轧制速度的提高,在钢坯轧入速度不低于允许的轧入速度条件下,连轧能采用较大断面的连铸坯。这是因为大断面钢坯有较好的表面和内在质量可以提高线材产品的质量和减少由于钢坯缺陷造成的操作事故。

到目前为止,高速线材轧机的保证轧制速度已达到 120m/s,最高轧制速度已达到 150m/s。在全连轧轧入速度不低于允许值的条件下,可采用 170mm×170mm 断面的钢坯,单线年产量可达 70 万。

1.4.2 精轧机普遍采用顶交 45°结构

20 世纪 80 年代中期以前,精轧机基本是测交 45°、平-立、测交 15°/75°等形式,保证速度均在 90m/s 左右。随着轧制速度的不断提高,精轧机高速运转下的设备振动问题阻碍速度进一步提高,80 年代中期 Morgan 公司放弃测交 45°结构,精轧机采用消除振源、降低主传动轴重心位置的顶交 45°或测交 75°/15°和平-立结构,采用顶交 45°结构。顶交 45°高速线材精轧机还具有操作较少遮蔽视野、较易换辊换导卫、设备安装维护及调整操作方便等优点。图 1-1 为精轧机轧辊。

1.4.3 8+2 和 8+4 精轧机组

80 年代,由于采用较大断面的钢坯增加轧制道次和提高轧出速度以及扩大产品规格

范围的需要,精轧机需在8架的基础上改成10架,Morgon公司在此需求下开发了8+2精轧机技术。

8+2精轧机,就是各自分别成组传动的一组为8架和另一组为2架相衔接组成的精轧机组。

在生产时,后2架和前8架要保持正确的连轧关系,这就不但要保证稳态轧制时轧件断面和速度构成的金属秒流量相等,而且要保证在两组轧机之间开始穿轧时也不产生堆拉钢事故,为此在轧件头部从前8架轧出到进入后2架前,前8架的传动系统必须已经过动态速降阶段达到稳态速度,这就需要将两组之间拉开一定的距离。此距离 L 的大小决定于前8架最高轧出速度和主传动系统的传动特性。一般为:

$$L \geq 0.25v_8$$

式中 v_8 ——前8架的最高轧出速度, m/s;

0.25——目前普遍技术能达到的动态到稳态恢复时间, s。

精轧机组分成两组独立的传动可以实现调速,后2架可以通过离合变换传动齿轮改变传动速比来实现调速。精轧机组最后两机架的变形量能按需进行调整,同时以速度的调整来保证连轧金属秒流量相等。最后2架精轧机组能较大量地改变道次变形量,这样大大扩展了高线轧机的功能,将这2架能较大幅度调整变形量和速比的精轧机称为减径机。

为了生产高精度的线材产品,用类似减径机结构制造的定径机就可使线材的尺寸精度达到 $\pm 0.1\text{mm}$ 。减径机和定径机之间也存在连轧关系,机架间速比必须调整。Morgan公司采用减径机和定径机4个机架由一台电机集体传动,机架间用离合变换传动齿轮的方法调整速比。Danieli公司的减径机和定径机由一台电动传动,并且减径机和定径机紧邻布置,减径机传动电机在从无轧制负载到有轧制负载动态速降的调整过程中轧件头部进入定径机,定径机传动电机速度调整无基准,因此减定径机间轧件堆拉关系调整困难,保障线材成品的尺寸精度变得困难。

1.4.4 实现控制轧制

减径机的使用可以大范围地调整最后两个轧制道次的变形量。同时独立传动的减径机又和精轧机拉开了较大的距离,从而可以在减径机和精轧机间布置水冷装置以达到控制最后两道次的轧制温度的目的。带减径机的高速线材轧机可以实现较大范围内调整变形量和控制轧制温度以达到控制轧制的目的。

为了提高产品的性能,高速线材轧机从实现控轧和轧后控冷技术方面进行不断研究以求得到性能优良的高速线材产品。

1.4.5 预精轧机采用成组传动顶交 45° 结构

减定径机的使用简化了高速线材的轧制工艺,通常4架预精轧机以两组两架成组传动

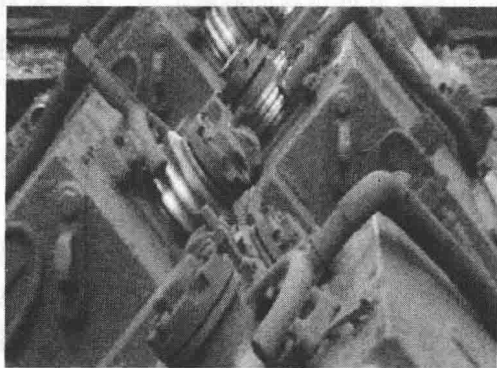


图 1-1 精轧机轧辊

就可以满足轧件规格的调整需要。随着精轧机轧制速度的提高,相应的预精轧的速度也要与之匹配,于是预精轧机很有必要采用高速无扭技术,成组传动的顶交 45° 结构也就顺理成章了。成组传动的预精轧机比常规精轧机少设置两个活套,简化了轧线机械设备组成和相应的电控设备。

1.4.6 高速切头尾的飞剪

市场需要的是切去超差头尾段的线材盘卷,而高速线材轧机由于精轧机和粗中轧机只能采用微张力轧制工艺,线材盘卷失张的头尾段断面尺寸超差无法避免。以往处理头尾超差段的剪切是采用人工持剪,在集卷前的散冷辊道上或在 P-F 线的钩对钩系统处进行剪切,效率低,易造成头尾处乱卷,劳动强度大。

2002 年 Danieli 和 Siemag 公司分别推出了高速切头尾的飞剪,避免了人工手持剪在集卷前的散冷辊道上或 P-F 线的钩对钩系统处进行剪切时效率慢劳动强度大的弊端。而高速剪设置在吐丝机前,在减定径机和吐丝机之间的水冷线的最后一段上,实行自动化切头尾操作。

高速飞剪包括两套智能夹送辊和装有回转剪刀的剪机、导向器、切头碎断剪及碎断料收集装置。电动导向器引导轧件进入吐丝机或进入剪切线,导向器的移动通过计算机根据剪刀的位置进行控制,以保证完好的剪切重复性。图 1-2 所示为高速切头尾飞剪。

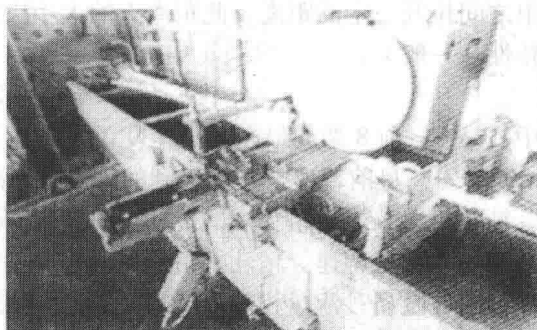


图 1-2 高速切头尾飞剪

1.4.7 日臻完善的控冷工艺与设备

20 世纪 60 年代末、70 年代初,随着高速线材轧机的发展出现过各式各样的轧后控制冷却工艺与设备。70 年代末轧后水冷加吐丝成圈后辊道散冷成为主流。

辊道散冷的标准型、延迟型及缓慢型的三种设备中,标准型散冷由于控制温降速度的手段较少,适于生产高中碳钢等少数钢种。缓慢型散冷设备过于庞杂,投资昂贵,并不能适应一种钢种的生产。80 年代辊道散冷也多归一为可在不同温度阶段能大范围控制线圈冷却速率而较完善的延迟型,其冷却速度为 $0.3 \sim 17^\circ\text{C}/\text{s}$ 。

为了使线圈各处冷却速度均匀一致,除在辊道两侧交替设置侧导板使线圈在前行过程中左右摆动错开搭接点外,辊道底板进风孔布置也使线圈搭接点处风量较大。

为适应各钢种和性能线材的生产,轧后控制冷却的工艺与设备不断完善,目前几乎所有钢种可能达到的性能都能通过控冷或控轧控冷得到。

1.4.8 轧机越来越多的采用变频交流传动

随着变频交流传动技术的日益成熟,在造价上和直流传动逐渐接近,线材轧机越来越多地采用变频传动。交流调速系统与直流调速系统相比具有以下优点:

- (1) 交流电机维护工作量少。

- (2) 交流电机体积小，动态特性较好。
- (3) 电机可制造成大容量、高转速的电机。

1.5 高速线材生产的工艺流程

高速线材生产工艺流程如图 1-3 所示。

1.5.1 钢坯存放

高速线材轧机所采用的钢坯通常较长，为便于存放和吊运，一般把钢坯顺仓库跨的长度方向成排地放在格架中。吊运工具常采用挠性挂梁电磁吊车。在格架内钢坯堆放高度为 3~4m，格架内宽和电磁吊每次吊运最多的钢坯总宽度一致。用格架存放钢坯，有效面积的单位存放量为 18~25t/m²。当然，为避免钢坯混号，要按钢种分别存放。

1.5.2 钢坯质量检查

钢坯主要检查表面质量。碳素结构钢坯的检查多为人工目检；合金钢坯或特殊钢坯的检查多在表面除鳞后用涡流探伤检查。检查后合格钢坯投入生产，不合格钢坯将另做处理。

研究人员认为在线材生产线上布置钢坯表面清理设施是不合理的，因为钢坯作为连铸或开坯轧机的产品，应保证其质量合格。不合格的钢坯应退货，只有这样才能促进钢坯质量的提高，才能从整体上解决钢坯质量问题。

1.5.3 钢坯称量

钢坯称量包括称重和测长。称重是轧机生产技术经济统计的需要；测长是为加热炉防跑偏对中系统提供控制信号；称重和测长又是物料跟踪系统所必需的输入参数。

1.5.4 钢坯加热

目前高速线材轧机均采用较低的开轧温度和相应的出炉温度。除特殊钢种外，碳素钢和合金钢依钢种不同开轧温度一般在 900~1050℃。之所以采用较低的开轧温度和出炉温度是因为高速线材轧机的粗轧和中轧机组的轧件温降小，而且轧件在精轧机组还升温。降低加热温度可明显减少金属氧化损失和降低能耗。加热温度 900℃ 比 1050℃ 金属烧损低 0.5%，而产品总能耗减少 1.16GJ/t（加热能耗降低 1.3GJ/t，轧制电耗增加 0.14GJ/t）。

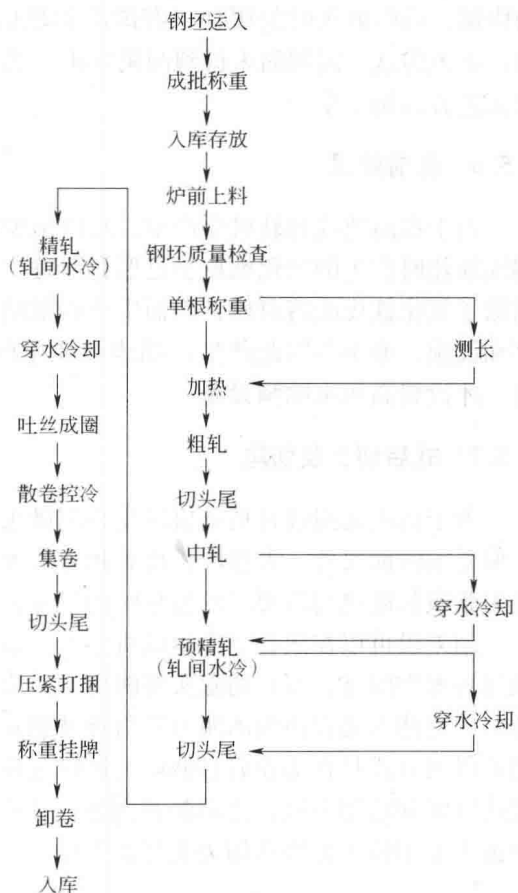


图 1-3 高速轧机的线材生产工艺流程

1.5.5 钢坯热装

热装一直是一个值得研究的工艺途径,但迄今为止在生产组织和技术上还有不少问题,主要是:供坯生产及线材生产的能力匹配,钢种及规格的对应,检修及工具更换时间的协调,故障处理时的缓冲,有缺陷钢坯的热态检查及清理,热装温度波动的控制对策等。正因为这些问题尚未得到圆满解决,热装工艺还处在小规模试验阶段,还不能作为主要工艺方式用于生产。

1.5.6 轧前除鳞

由于在高速线材轧机生产中,轧件至少要经过 19 道次以上的两个方向反复轧制压缩,钢坯加热时产生的氧化铁皮早已脱落干净,并在总延伸系数不低于 71 的延伸变形中彻底消除了氧化铁皮脱落斑痕,因而生产碳素结构钢产品时在轧制前无须设置氧化铁皮清除工序和设施,亦不会因此产生产品表面质量问题。只有在生产合金钢等有特殊要求的产品时,才设置高压水除鳞设施。

1.5.7 轧后切头及切尾

由于高速无扭线材精轧机组是采用微张力轧制,在轧件头部及尾部将出现大于公称尺寸偏差的断面尺寸。失张段长度和张力值大小、机架间间距以及精轧延伸系数成正比,同时失张段长度也与所要求的公称断面尺寸偏差成反比。通常要将此超差段切除后交货。

超差段可以在散卷空冷运输机上人工切除,但在延迟型控制冷却过程中因为无保温罩段过短操作困难,而且切除头部时容易造成线圈拉乱变形,集卷困难。超差段也可以在集卷时用可伸入集卷筒内的镰刀形剪自动切除,但集卷后排除切头困难。目前较合理的切除超差段的方式是在集卷后打捆前的运输过程中,采用倒卷系统,由人工用液压便携剪先切去轧件尾部的超差段,之后将盘倒卷,使轧件头部超差,并使轧件头部超差段露在外面,再由人工用液压便携剪切去头部超差段。

1.5.8 线材盘卷的压紧捆扎

由于高速线材轧机所生产的线材多是大盘重产品,又经过控制冷却在较低温度(一般低于 400℃)集卷,盘卷较为膨松。成品盘卷要保证捆扎密实,外形规整,必须实行压紧捆扎。

对于线圈直径 $\phi 1050\text{mm}$, 盘卷直径 $\phi 1250\text{mm}/\phi 850\text{mm}$ 的盘卷,未压实前每 100kg 高为 120mm(光面盘条)或 130mm(螺纹盘条),压紧捆扎后应为每 100kg 约高 90mm。施加最大压紧力约 400kN。

捆扎材料通常是 $\phi 5.5 \sim 6.5\text{mm}$ 线材或冷轧包装带钢,每个盘卷应均匀捆扎 4 道。对于用线材作捆扎材料的,捆扎搭接部位不应有能造成钩挂的凸起搭扣,以免运输过程中刮断散包或刮伤别的盘卷。

1.5.9 盘卷称重和挂牌牌

高速线材轧机产品盘重较大,故均单盘称重。在现代化自动生产线上多用电子秤称量,自动记录、累计并打出标牌。标牌由人工绑挂在盘卷上,作为出厂标记并供生产统计