

《国外特殊钢生产技术》编写组 编

压力加工部分

国外特殊钢生产技术

上海科学技术文献出版社

国外特殊钢生产技术

(压力加工部分)

《国外特殊钢生产技术》编写组 编

*

上海科学技术文献出版社出版

(上海高安路六弄一号)

新华书店上海发行所发行

浙江洛舍印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 496,000

1982年5月第1版 1982年5月第1次印刷

印数: 1—6,600

书号: 15192·200 定价: 2.40 元

《科技新书目》22-123

前 言

自六十年代以来,国外在特殊钢加工技术方面,同钢铁工业的其它方面一样有着飞速的发展,产品的产量和质量都有很大提高,品种不断扩大,特别是在提高质量方面,由于采用了一系列新技术,而使产品在国际市场上具有相当的竞争力。我国自建国以来,特殊钢生产虽有很大发展,品种和质量也不断得到增加和提高,填补了很多空白,但是同国外先进水平相比,现有特殊钢厂在装备水平、操作技术、产品品种及质量等方面尚有不小的差距,需要进行改造、提高,以适应我国国民经济发展的要求,在实现四个现代化的工作中发挥更大的作用。

为了比较系统地了解国外特殊钢加工生产的现状和发展趋势,吸取国外的先进技术,我们参考国外的一些书刊、文献和有关的技术资料编写了本书。本书主要收集了日本、西德、英国、美国、法国、意大利、瑞典、苏联等国家在特殊钢开坯、中小型棒材、线材、厚板、不锈带钢、无缝钢管、不锈钢焊管、冷轧冷拔钢管、钢丝、棒线材冷拔机、大直径薄壁管旋压、粉末冶金特殊钢、真空轧制及砂轮修磨、热处理、无损检验等方面的一些情况,并且进行了一些统计和分析,供从事以上各方面研究和生产的科研、设计、和教学人员以及大专院校学生参考。

本书系由冶金部北京钢铁设计研究总院、冶金部钢铁研究总院、冶金部情报研究总所、北京钢铁学院、遵义金属制品研究所、大连钢厂、北京特殊钢厂等单位联合编写。由徐曙光、云正宽、卢美珏等技术审核,卢美珏总编。

由于我们的水平所限,错误之处请读者多加批评指正。

本书编写小组

1982年3月

目 录

概 况	1	导卫装置	46
一、国外特殊钢产量及品种比例	1	8. 连续作业精整线	46
二、国外特殊钢加工生产的几个特点	2	9. 高精度二辊棒材矫直机	46
三、国外部分特殊钢厂简介	7	10. 发展辊底式连续热处理炉	47
第一章 开坯	13	11. 棒材表面缺陷的清除	47
一、概况	13	12. 机械化包装	48
二、锻造开坯	15	四、国外典型合金钢中小型棒材轧钢车间举例	48
1. 汽锤	15	1. 英国英钢联斯乃伯夫(Thy-bergh)小型轧钢车间	48
2. 自由锻造水压机	15	2. 日本大同特殊钢公司知多厂的小型车间	49
3. 快速自由锻造液压机	15	3. 瑞典连续活套式轧钢车间	49
4. 精锻机	18	4. 日本住友金属小仓钢铁厂新建第三中型轧钢厂	54
5. 摆锻轧机	24	第三章 线材	58
三、初轧机开坯	27	一、概况	58
1. 各钢种轧制特点	27	二、高速线材轧机	59
2. 工艺流程	29	1. 高速线材轧机的形式和特点	59
3. 工艺及设备特点	29	2. 45°高速线材轧机	60
4. 国外特殊钢初轧车间简介	36	3. 考克斯三辊式Y型轧机	66
第二章 中小型棒材	40	三、线材控制冷却技术	69
一、概况	40	1. 线材控制冷却技术的优点	69
二、轧机的组成形式、结构及特点	40	2. 控制冷却的金属学原理	69
1. 轧机的组成	40	3. 控制冷却方法简介	70
2. 轧机的结构及特点	42	四、高速线材轧机应用实例	75
三、采用的新技术	44	1. 日本住友金属工业公司小仓厂第二线材车间	75
1. 步进式加热炉	44	2. 日本大同特殊钢公司星崎厂线材车间	77
2. 高压水或高压蒸气除鳞设备	44	3. 奥地利联合钢公司多纳维茨厂线材车间	79
3. 滚柱轴承、滚动导板和预应力机架	44	4. 西德南威斯特法伦特殊钢公司线材轧机	80
4. 自动化控制系统	44		
5. 高效率的机械化自动化装置	44		
6. 发展在线质量检验	45		
7. 各种快速换辊、换机架和换			

第四章 棒、线材冷拔机	82	第六章 热轧不锈带钢	106
一、西德舒马克公司制造的直线式连拔机	82	一、概况	106
二、法国瓦尔当机械工业公司的冷拔机	83	二、板坯的清理	107
三、日本千曲产业工业公司的棒(线)材连续式联合拉拔机组	84	三、板坯加热	108
四、意大利丹尼利公司拉拔设备	85	四、热轧带钢的生产方式	108
第五章 宽厚钢板	88	1. 连续式及半连续式热轧带钢轧机	108
一、概况	88	2. 炉卷轧机	111
二、原料	88	3. 行星轧机	115
1. 初轧坯	88	第七章 冷轧不锈带钢和钢板	123
2. 连铸坯	88	一、概况	123
3. 钢锭	93	二、原料钢卷堆存方式的改进	124
4. 锻坯	93	三、引带准备	124
5. 压力铸坯	93	四、钢卷准备	124
三、加热	93	五、热处理	125
1. 步进梁式加热炉	93	1. 罩式退火炉	125
2. 推钢式加热炉	93	2. 连续式退火炉	125
3. 室式加热炉	93	3. 连续式光亮退火炉	126
4. 均热炉	94	六、除鳞	127
5. 车底式加热炉	94	七、冷轧机	131
四、轧制	94	1. 森吉米尔型 20 辊冷轧机	131
1. 轧机	94	2. MKW 型冷轧机	134
2. 轧制工艺	96	八、带钢的精整	136
五、精整	98	1. 带钢的平整	136
1. 矫直	98	2. 带钢的研磨	136
2. 冷却	98	3. 带钢的抛光	136
3. 剪切与切割	99	4. 带钢的检查与重卷	136
4. 热处理	100	5. 带钢的剪切	137
5. 检测与检验	101	6. 表面涂层机组	137
6. 超声波探伤	102	第八章 热轧特殊钢钢管生产	139
7. 标记和打印	102	一、概况	139
六、轧机实例	102	二、特殊钢管坯	141
1. 日本川崎公司水岛厂 5490 毫米厚板轧机	102	1. 管坯种类	141
2. 意大利塔兰托厂 4826 毫米厚板轧机	104	2. 管坯准备	142
		3. 管坯的质量控制	145
		三、加热设备	146
		1. 环形加热炉	146
		2. 步进式加热炉	146
		3. 感应加热炉	146

4. 联合加热	146	九、冷轧冷拔钢管车间简介	189
四、除鳞设备	147	1. 轴承钢管冷轧车间	189
五、挤压机组	147	2. 核电站用热交换器冷轧管 生产车间	191
1. 概况	147	3. 小直径不锈钢管冷拔生产 车间	191
2. 挤压生产的工艺流程	148	4. 航空结构管冷轧冷拔生产 车间	191
3. 挤压温度、速度和工艺润滑 剂	148	第十章 不锈钢焊管生产	195
4. 挤压和穿孔设备	151	一、概况	195
5. 异型材的矫直	154	二、不锈钢管焊接方法	201
六、三辊轧管机组	156	1. 奥氏体和铁素体不锈钢的 焊接特点	201
1. 概况	156	2. 焊接方法	201
2. 生产工艺和平面布置	156	三、不锈钢焊管生产工艺及设备	206
3. 设备结构和组成特点	164	1. 连续式直缝焊管机组	206
七、顶管机组	166	2. 辊式弯板成型机	208
1. 概况	166	3. 压力弯曲成型机	208
2. 顶管生产工艺流程	167	4. 螺旋焊管机组	208
3. 主要设备结构及性能	167	第十一章 特殊钢丝	211
八、钢管冷却、热处理及精整设备	170	一、概况	211
1. 冷床	170	二、特殊钢丝的热处理	213
2. 切断锯	172	1. 退火	213
3. 热处理及设备	172	2. 焙焯处理	216
4. 矫直设备	174	3. 油淬火	221
5. 切管机和铣头机	177	4. 低温回火	222
6. 无损检验设备	178	5. 固溶处理	223
第九章 冷轧冷拔钢管	181	三、冷拔前钢丝表面处理	223
一、概况	181	1. 表面铁皮的清除	223
二、原料钢管	181	2. 润滑剂载体——涂层	224
三、酸洗	183	3. 连续表面处理作业线	225
四、润滑	183	四、冷拔的新方法	227
五、冷轧	184	1. 辊拉模	227
六、冷拔	185	2. 超声波拉丝	227
七、热处理	187	3. 高速冷拔中的直接水冷	227
八、精整	187	五、拉丝中的润滑	229
1. 切断	187	1. 概况	229
2. 矫直	187	2. 流体润滑的特点及结构形 式	229
3. 水压试验	188		
4. 修磨及抛光	188		
5. 无损检验	188		
6. 外观检查及标记	188		

3. 流体润滑的使用效果	230
4. 流体润滑模的制作要点	230
5. 流体润滑与直接水冷的结合	231
六、拉丝设备	232
1. 拉丝机概况	232
2. 拉丝模	234
七、防锈与包装	236
1. 钢丝的防锈	236
2. 钢丝的包装	238
第十二章 钢坯修磨	241
一、概况	241
二、砂轮修磨技术的发展	241
1. 磨削速度及压力	241
2. 恒功率磨削	241
3. 恒速控制磨削	241
4. 45°修磨法	241
5. 固定磨头	241
6. 夹送辊传动钢坯	243
7. 磨头采用气动压力调节系统	243
三、几个主要修磨机制造公司生产的钢坯修磨机概况	243
1. 方钢坯修磨机	243
2. 圆棒(坯)修磨机	248
3. 成卷线材修磨机	249
第十三章 热处理	251
一、可控气氛热处理	251
1. 气体成分对金属氧化和脱碳的影响	251
2. 可控气氛的制造和用途	252
二、形变热处理	256
1. 锻造淬火	256
2. 亚热加工	257
3. 亚稳态奥氏体形变	259
4. 在马氏体相变过程中进行形变	259
5. 等温形变	259
三、特殊钢的热处理炉	260

1. 罩式退火炉	260
2. 辊底式连续热处理炉	262
第十四章 无损检验	266
一、超声检验	266
1. 管材的超声检验	266
2. 管材探伤的计算机化	268
3. 棒材的超声探伤	268
4. 钢坯探伤	269
5. 板材的超声探伤	271
二、漏磁探伤	272
1. 棒材漏磁探伤	272
2. 管坯漏磁探伤	272
3. 管材漏磁探伤	272
三、涡流探伤	273
1. 通过型涡流探伤法	273
2. 扫描型涡流探伤法	274
3. 热态涡流探伤法	274
第十五章 真空、保护气氛轧制	275
一、概况	275
二、真空、保护气氛轧机的种类	275
1. 真空轧机	275
2. 保护气氛轧机	277
第十六章 大直径薄壁管旋压	279
一、旋压技术的发展	279
1. 概况	279
2. 动向	279
二、金属旋压工艺的特点和选择	280
1. 旋压工艺的特点	280
2. 旋压方法分类与选择	281
3. 金属旋压工艺	282
三、旋压设备	282
1. 美国	283
2. 西德	283
3. 苏联	284
第十七章 粉末冶金	285
一、粉末锻造	285
1. 概况	285
2. 工艺流程及设备	285
3. 粉末锻造的应用与发展	286

二、金属粉末轧制	288	4. 美国 CPM 法	299
1. 概况	288	5. 英国水雾化制粉-热挤压成	
2. 金属粉末轧制设备	289	材工艺	299
3. 金属粉末轧制工艺	290	6. 水雾化制粉真空烧结工艺	300
4. 粉末轧制特殊钢的研究和		7. 粉末冶金高速钢的性能	300
生产现状	292	四、粉末冶金法生产不锈钢	301
三、粉末冶金法生产高速钢材	294	1. 概况	301
1. 概况	294	2. 烧结不锈钢工艺	301
2. 粉末冶金法制取高速钢的		3. 不锈钢无缝管的粉末冶金	
原理	295	生产法——艾西阿-尼比法	301
3. 瑞典艾西阿-斯托拉方法	296		

概 况

一、国外特殊钢产量及品种比例

七十年代以来,随着现代工业技术的发展,特别是原子能工业、空间技术、海洋开发以及电子工业等尖端技术的迅速发展,对特殊钢材料的需要量日益增加,对材质的要求

更加严格。1978年特殊钢占总钢产量的比例,从1973年的10%增长到12.5%,并有继续增高的趋势^[1]。表1列出近几年来主要产钢国家特殊钢的产量及其所占的比例^[2]。表2列出主要产钢国家按钢种划分的特殊钢产量^{[2][3]}。表3列出日本1979、1980年特殊钢按品种划分的产量^[2]。

表1 主要产钢国家特殊钢产量及所占比例

(单位:万吨,%)

国 家	1970年		1975年		1979年		1980年	
	产 量	比 例	产 量	比 例	产 量	比 例	产 量	比 例
美 国*	1272.9	10.7	1477.1	14.0	1824.8	14.8	1555.0	15.3
日 本	1125.1	12.1	1108.4	10.8	1629.1	14.6	1694.3	15.2
西 德	611.0	13.6	693.8	17.2	898.3	19.5	839.0	19.1
英 国*	216.0	7.6	184.8	9.3	191.0	8.9	123.7	11.0
法 国	302.5	12.7	307.4	13.2	384.5	16.5	388.0	16.7
瑞 典	131.7	24.0	132.4	23.6	147.9	31.3	132.7	31.3

* 仅为合金钢

表2 主要产钢国家按钢种划分的特殊钢产量

(单位:万吨)

国 家	品 种	1970年	1975年	1976年	1978年
美 国	合 金 钢	1156.0	1376.3	1298.0	1647.6
	不锈钢及耐热钢	116.3	100.8	152.8	177.3
	合 计	1272.9	1477.1	1450.8	1824.9
	其中,铸件	5.8	6.4	4.4	4.8
日 本	钢 锭	1074.0	1068.1	1317.0	1488.6
	铸 件	51.1	40.3	40.8	44.4
	合 计	1125.1	1108.4	1357.8	1533.0
	其中,不锈钢	164.02	164.56	220.30	—
西 德	优质碳素钢	123.6	116.1	141.1	155.8
	合 金 钢	476.9	550.2	548.9	626.1
	铸 件	10.5	10.8	22.0	20.8
	合 计	611.0	677.2	712.0	802.6
	其中,不锈耐热钢	55.7	49.4	72.2	80.8
英 国	不 锈 钢	29.0	18.7	25.7	27.2
	其它合金钢	187.0	166.0	173.5	162.3
	合 计	216.0	184.8	199.2	189.5
	其中,铸件	18.0	16.6	17.7	16.0
法 国	优质碳素钢	97.4	89.0	94.7	81.9
	合 金 钢	201.8	215.4	226.1	272.1
	铸 件	3.3	3.1	2.3	1.7
	合 计	302.5	307.4	323.1	355.7
	其中,不锈钢	46.74	41.90	49.70	—

表 3 日本特殊钢按品种的产量

(单位:万吨)

钢种	年份	热 轧 钢 材							冷 轧 钢 材			热 轧 管		冷 轧 管		
		型钢	棒材	扁钢	管材	线材	钢板	宽带钢 带钢	合计	光亮 带钢	冷轧板	冷轧宽 带钢	无缝管	焊管	无缝管	其它
工具钢	1979		10.5	2.4	0.1	1.9	1.6	9.1	25.6	7.0	0.9	0.1		—	—	—
	1980		10.1	2.5	0.1	1.8	1.8	10.0	26.3	7.4	1.1	0.7	0.1	—	—	—
碳素结 构钢	1979	5.2	143.8	9.0	4.7	107.6	9.7	17.7	297.6	6.4	1.6	1.2	3.7	—	0.8	
	1980	5.4	136.8	9.8	4.2	100.1	10.1	9.3	275.8	6.9	1.9	0.8	3.8	—	1.0	
合金结 构钢	1979	10.5	104.7	2.1	120.2	29.6	3.2	3.0	273.4	2.2			103.8		8.5	
	1980	10.4	110.7	1.8	136.1	29.5	2.8	4.0	295.4	2.9			120.9	0.6	8.2	
轴承钢	1979	—	30.7	0.1	18.8	10.9	0.7		61.2				15.3		6.6	
	1980	—	32.6	0.1	20.4	10.4	1.1	0.1	64.7				17.0		8.1	
弹簧钢	1979		10.9	43.4		8.5	0.1	0.3	63.2							
	1980		12.1	40.8		9.0		0.2	62.2							
不锈钢	1979	3.0	9.4	3.5	9.6	11.8	20.8	123.5	181.6	16.8	34.2	22.3	7.4			
	1980	2.8	10.6	4.0	10.3	14.4	22.8	118.5	183.4	17.9	33.2	22.7	7.8	7.8	6.3	
高强 度钢	1979	1.7	10.4	1.0	11.7	6.9	176.9	19.0	227.7		0.3	4.5	25.2	37.1		
	1980	2.6	12.6	0.9	19.8	9.2	164.0	28.5	237.5		0.3	4.8	47.4	62.1	0.2	

二、国外特殊钢加工生产的几个特点

1. 品种、规格多样化

国外特殊钢钢材品种、规格比较齐全,不仅板、带、管材都占相当大的比例,而且产品尺寸范围广,特厚、特薄、特大、特小尺寸的产品都能生产。如2000毫米宽冷轧薄板,2600毫米宽热轧薄板,直径大于660毫米无缝管,直径大于2000毫米的焊管和厚度大于200毫米的厚板等。之所以如此,一方面是由于工业和科学技术的迅速发展,对特殊钢品种、规格的需要日益扩大;另一方面,钢材品种、规格是否齐全,关系到材料的利用率,以及机械加工的工作量。以轴承钢为例^[4],近几年来,国外管材和线材的比例大为增加,并且表面经过车光或磨光。端头平整的高精度材和冷拔材已成为轴承钢的正常供货状态。由于大量采用轴承钢管和精料生产轴承,材料利用率高达50~60%。轴承寿命也比棒料车

削的高20%。不锈钢产品以冷轧板带为主,约占不锈钢材总量的65%以上。合金工具钢中,棒、扁、带、丝、板材均能生产。由于冷拔材具有表面光、尺寸精、性能好、断面形状多、金属利用率高等优点,国外冷拔材消耗量也逐年增加。不仅如此,近年来,国外有的特殊钢厂还把钢材加工成半成品或接近半成品供给用户,使成材率提高,成本降低,并有利于提高质量。如以生产高速钢为主的法国康芒推厂^[5],不仅生产标准规格的高速钢板,还可以生产圆板和手锯条半成品,用户经开齿热处理即可做成锯条,既方便用户,又便于回收高速钢废料。此外,如工、模具钢以毛坯形式,汽车用结构钢以热锻冷锻成毛坯等形式供应用户。瑞典山特维克厂甚至按用户的要求,把管子切好、弯好、磨光加工,并供应所需配件,组装成套。供应的钨钼丝,以缠好的形式提供用户,并供应各种涂覆丝,方便了用户,提高了材料收得率。瑞典山特维克、法格斯塔,日本大同特殊钢公司等,把生产的中空钎钢制成钎杆,直接供给矿山用户,成为其名

牌产品。

2. 专业化生产,各厂有自己的特色和名牌产品

为了保持在国际市场上的竞争能力,必须提高产品的质量,降低成本。为此,国外特殊钢厂一般都经过调整、合并、改组,向专业化生产发展,大搞专业化分工,生产的产品都各有自己的特色,而对公司(或垄断集团)来说,品种、规格又很齐全。如瑞典山特维克公司是一个综合性特殊钢公司,产品的品种有三十余种,但重点产品是不锈钢,且它的品种、规格很全,板、管、丝、带,宽、窄、厚、薄的都能生产,并有自己的独创产品。法国的钢管经瓦鲁雷克(VALLOREC)集团垄断之后,所属钢厂更加专业化。有的专门生产轴承钢管,有的专门生产大口径直缝焊管,有的专门生产原子能电站用钢管^[5]。又如日本大同特殊钢公司知多厂专门生产汽车用合金结构钢,易切钢、碳素结构钢、轴承钢的圆、扁材;而高合金同规格的棒、扁材在川崎厂生产。日新钢铁公司周南厂及山崎、西宫两厂专门生产不锈钢板、带;而模具钢、不锈钢与低合金钢的板、带在安来厂生产。再如瑞典有几十个小特殊钢厂,规模小、专业化分工很细,虽然经长时间调整合并,但各厂规模都不大,多半由分散在许多地方的分厂组成。为了适应国际市场竞争的需要,要求按产品种类分工生产,各家都有其名牌产品。阿维斯塔公司是欧洲最大的不锈钢生产厂家,不锈钢产量约占西方国家的2%;SKF轴承公司炼钢分部专门生产轴承钢,其产品质量闻名于世;高速钢的生产主要集中在乌德霍姆公司的佐德伏斯厂和法格士塔公司的伦斯赫登、奥斯托比等几个厂,其中佐德伏斯厂是世界生产高速钢最大厂家之一。近几年来,有些特殊钢厂不但在钢的种类上,而且在品种规格上进行分工或侧重。西德最大的特殊钢公司——蒂森特殊钢公司,下设克雷费尔德厂是特殊钢联合企业,雷姆沙伊德厂是特殊钢锻压件厂,波鸿厂

是特殊钢铸件厂,多特蒙德厂是磁性材料厂。在这个庞大的特殊钢公司内,既有高度的垄断,又有各分厂具体的专业分工。日本大同特殊钢公司星崎厂线材车间只生产 $\phi 5.5$ 、 $\phi 6.0$ 、 $\phi 7.0$ 毫米三种规格,直径大于7.0毫米的由知多厂生产。

由于专业化生产,设备效率高,容易积累经验,后步精整设备容易配套,因而产品质量高,生产成本低,有利于创造和发展名牌产品。

3. 重视后部工序精整检验设备齐全

为了保证产品的质量,从冶炼到加工,从钢坯到成品的各个工序,不仅采用先进的生产工艺,加强质量管理,而且都有完整的精整检验设备。如坯料和成品的修磨、矫直、热处理、缺陷检验等设备多,场地面积大,这是国外特殊钢生产的显著特点之一。如日本的特殊钢厂,坯料的修磨场地约是主轧区的二分之一左右,成品精整面积约是主轧区面积的1.3~1.5倍,精整能力大于加工能力,有的甚至配备单个车间。这样既可减少钢坯积压,又可以仔细进行钢材的精整、检验和热处理。一般都设置大量的钢坯砂轮修磨机、抛丸机、各类矫直机、称重机、圆钢倒角机、各种热处理炉及各种检验设备等。氧化铁皮的清除,除线材仍采用酸洗外,一般皆采用抛丸机。检验设备采用荧光磁粉探伤机、涡流探伤机、超声波探伤机、在线的RAM型磁探伤机等。为了求得高质量的表面,供穿孔轧制与挤压钢管和钻孔轧制中空钎钢用的圆坯,以及需要车光交货的圆钢,都进行车削扒皮,有的专门设置了精整自动线。例如奥地利一个年产15万吨特殊钢的柏乐钢厂^[6],有八台荧光式、三台涡流式、十一台超声波式、一台X光射线式和一台同位素无损检测设备,有两条在线检测线,从而确保废品不进入下一工序。热处理方面采用了许多新的热处理工艺和设备^[7],对需要热处理的钢材,全部经热处理后出厂。现在,辊底式连续退火炉已成为

主要的热处理设备,用于棒材、盘条、板材和钢管的连续退火,并广泛采用可控气氛,进行无氧化、无脱碳或无增碳加热、光亮退火、正火淬火、以及各种化学热处理。在检控手段的发展上,不仅使热处理过程连续化、自动化和程序化,而且采用先进的仪器设备或计算机,严格控制和调节温度、气氛、压力等热处理条件,从而大大改善了产品的性能,成为保证产品在国际市场上具有竞争力的重要手段之一。

特殊钢生产的特点是钢类多,品种规格多,而批量小。由于钢类不同,品种规格不同,所需要的热处理、修磨、矫直、探伤检验等设备也不一样。只有实行专业化生产,精整、检验设备才容易选择,后步精整工序才容易配套,生产效率才会提高。

4. 设备配备潜力大,不超负荷运转

特殊钢的钢种、品种、规格变化很大,加工特性有很大差异,市场需要也多种多样,为适应这些特点,国外轧钢车间的设备能力都很大,一般均大于公称生产能力。开坯能力大于炼钢能力,加热炉和精整设备能力又大于轧机能力。如日本大同特殊钢公司知多厂的初轧车间^[6],设备年生产能力120万吨,而实际每年仅生产60~80万吨;星崎厂设备年生产能力为40~50万吨,实际每年仅生产30~35万吨。一般开坯能力为炼钢能力的1.2倍。故无钢锭积压问题,便于调整品种、规格,缩短轧钢周期,减少混号混料。加热炉的能力一般均大于公称生产能力1倍,如知多厂线材车间加热炉能力为24吨/时,而轧机生产能力为12吨/时。不少钢厂的精整能力也都大于轧机能力,这样既可减少钢坯积压,又可以仔细进行钢材的热处理、精整和检验。

5. 在新建现代化特殊钢厂的同时,加速老厂的改造

为了满足特殊钢发展的需要,近年来,国外特殊钢厂除新建许多高生产效率的现代化轧机外,同时很重视原有轧机的改造和更新,

轧机生产水平和单机生产能力大幅度提高,取得了显著的经济效果。

所谓改造和更新,是指在不增加或很少增加厂房面积的情况下,通过采用新技术、新设备,改进生产工艺,以新换旧,以大换小等办法,来克服薄弱环节,提高设备的生产能力,改善产品的质量等。如苏联第聂伯特殊钢厂在厂房面积基本不增加的情况下,把 $\phi 825$ 毫米初轧机换成 $\phi 950$ 毫米初轧机,使产量提高了50%^[9]。日本大同特殊钢公司的知多厂和星崎厂,山阳特殊钢厂等的初轧机^[8],大部分是六十年代初建成投产的,轧机本身水平并不高,近几年经过改造,增加辅助测试设备,克服薄弱环节,采用了合理的工艺制度和科学的管理办法,使这几个厂的产量和成材率都有了显著提高,燃料和辅助材料的消耗也降低了。大同特殊钢公司知多厂的热轧工艺具有如下特点:

① 加热温度偏低而均匀,如均热炉加热轴承钢,由热装锭 $950\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 加热到 1200°C ,需要15小时,一般钢种最少5小时。加热时间长,钢锭温度均匀,保证了钢材质量。轴承钢加热15小时,解决了碳化物扩散问题;

② 采用小压下多道次轧制;

③ 工艺布局合理,在 $\phi 1020$ 毫米轧机后面配 $\phi 820$ 毫米和 $\phi 780$ 毫米轧机,生产方坯和大圆钢,能充分发挥 $\phi 1020$ 毫米轧机的能力;

④ 生产连续不间断,作业率高。星崎工厂线材车间,在充分利用旧式横列式轧机的基础上,引进先进的摩根式无扭精轧机,大大提高了车间的生产能力、产品质量和尺寸精度。法国蓬伯尔茹易厂是法国最老的轧钢厂之一^[5]。该厂设备陈旧,但在横列式 $\phi 220$ 毫米小型轧机上采用正、反、立三种围盘和其它机械化操作,可以生产不锈钢的各种异型材。各国横列式小型、线材轧机普遍采用滚柱轴承、滚动导卫装置、液压升降和翻钢装置等,

克服了横列式旧轧机产品表面质量差、尺寸精度低等缺点。

均热炉往往是初轧生产的薄弱环节，因此，许多初轧厂都在不同时期根据需要增建一定数量的均热炉，以保证有足够的钢锭供给轧机。日本特殊钢厂的加热炉能力都比较大，大同特殊钢公司知多厂的小型 and 线材车间采用步进底式加热炉，炉子的能力、加热质量和操作灵活性等方面均比推钢式加热炉优越。此外，增加辅助设备、检测设备、加强后步精整工序的装备与能力，是各国特殊钢厂改造的主要内容之一。如瑞典特殊钢厂都是老厂，在旧厂改造或扩建中，对后步精整工序的装备特别重视，从而有效地改变了老厂面貌，提高了产品质量。瑞典尼比不锈钢厂引进奥地利特殊酸洗线^[10]，对铁素体超低碳不锈钢带进行酸洗；采用现代化钢管自动检验机，测定钢管内外裂纹，沿钢管全长及各向测壁厚、偏心度、椭圆度及外径等。

由于改造、更新轧机是在原厂房内进行，即使需要扩大厂房，扩建的面积也很小；另外，可以充分利用原有设备及水、电、风、蒸气、煤气、液压动力等设施。因此，所花的单位投资要比新建轧机低得多。据有关资料报道苏联许多钢铁厂用改造办法增加轧机产量

所花的单位投资，比新建的节约30~50%，有的甚至一半以上^[9]。

6. 不断提高轧钢成材率

所谓轧钢成材率也称作综合成材率，是热轧成品材总产量对钢锭产量的百分比。成材率直接影响钢铁厂的经济效果。因此，提高轧钢成材率是钢铁厂的主要任务之一。

近年来，由于冶炼工艺、脱氧方法、浇铸方法和锭型的改进，特别是大力发展连续铸钢及轧钢生产不断向大型、高速、连续和自动化方向发展，采用了新工艺、新设备，加强了质量管理，使成材率不断提高。在这方面，日本走在世界的前列。表4列出日本1957、1967和1977年钢材综合平均成材率^[11]。1978年日本特殊钢成材率为78.4%，比1977年又提高了1.1%。表5列出日本1978年普通钢和特殊钢按品种划分的成材率^[12]。

影响成材率的因素很多，从冶炼到轧钢的每个工序都对成材率有影响。当前国外提高轧钢成材率的主要途径是大力发展连铸；提高初轧成坯率；改进锭型；采用绝热板和发热剂；以及设计合理的孔型、改进轧制工艺、加强管理和操作水平等。

(1) 大力发展连铸 这是提高热轧钢材成材率、降低吨钢综合能耗的有效途径。连

表4 日本钢材综合平均成材率

年份	项 目	轧 钢			锻 钢			铸 钢			合 计
		普通钢	特殊钢	小 计	普通钢	特殊钢	小 计	普通钢	特殊钢	小 计	
1957	钢产量(万吨)	1083.2	90.9	1179.1	23.3	9.5	32.8	35.4	9.7	45.1	1257.0
	钢材产量(万吨)	888.5	62.6	951.1	14.3	6.0	20.3	21.4	6.2	27.6	999.0
	成材率 (%)	81.6	68.9	80.7	61.1	63.6	61.9	60.5	63.7	61.2	79.9
1967	钢产量(万吨)	5408.1	626.5	6034.6	44.6	30.7	75.3	69.2	36.3	105.5	6215.4
	钢材产量(万吨)	4593.4	442.6	5036.0	26.7	20.9	47.7	42.8	23.5	66.3	5149.9
	成材率 (%)	84.9	70.6	83.5	59.9	68.3	63.3	61.9	64.8	62.9	82.8
1977	钢产量(万吨)	8767.8	1291.4	10059.2	39.7	39.1	78.8	61.1	41.3	102.4	10240.5
	钢材产量(万吨)	7859.2	1030.4	8889.6	25.8	31.0	56.8	36.2	25.0	61.2	9007.6
	成材率 (%)	89.6	79.8	88.4	65.2	79.1	72.1	59.1	60.6	59.7	88.0

表5 日本1978年按品种划分的成材率

	普通钢		特殊钢	
	成材率 (%)	与1977年相比 (%)	成材率 (%)	与1977年相比 (%)
条钢类	90.9	提高 1.1	82.4	提高 1.2
钢板类	89.3	提高 1.2	72.0	提高 2.6
钢管类	84.9	下降 0.2	75.7	下降 0.3

铸与模铸-初轧方式相比,可提高热轧成材率约10%,降低吨钢综合能耗约3%。据日本钢铁联盟计算,由于普通钢连铸比达到50.9%,特殊钢连铸比达到24.3%,日本1978年度钢的成材率达到87.9%,比1977年增加0.9%^[12]。

(2) 正确设计锭型,提高初轧成坯率
影响热轧钢材综合成材率最主要的是初轧成坯率,而初轧成坯率受切头、切尾量的影响较大,因此,应正确设计锭重和锭型,尽量减少锭重的波动。

(3) 采用轻型悬挂绝热帽口、绝热衬板和发热剂 无论采用上注或下注,保温帽对消除缩孔、减少钢锭成分偏析、提高钢锭的纯洁度和增加金属收得率都有直接影响。瑞典山特维克厂使用的轻型悬挂绝热帽口(称E-BOX热帽),使钢水补缩良好,提高了初轧成坯率,改善了钢锭头部低倍组织和劳动条件,已在瑞典各厂推广,并由英国福塞科公司向国际上销售^[10]。应用绝热衬板和发热剂相结合的方法可使切头率降低^[13]。法国有些钢铁厂在浇注镇静钢钢锭时,采用带绝热板的上小下大钢锭模,缩小了缩孔,减少了切头量,约提高成坯率4~6%(指钢水到坯)。

7. 注重轧钢生产节能

轧钢是钢铁企业消耗能源的主要部门之一,其能耗约占钢铁企业能耗的20%。为了达到大幅度节能,各国采取各种措施。如改进加热炉的设备和工艺操作,回收排放的热量,采用节能新技术等,以提高能量的利用率,降低能量消耗。

(1) 改进加热炉的设备和工艺操作 轧

钢生产中60%的能量消耗于加热炉,因此,加热炉是轧钢节能的重点。日本大同特殊钢公司知多厂初轧车间的上部单侧烧嘴均热炉,采用高压雾化内混式烧嘴,使重油雾化良好,燃料消耗少。炉温、炉压等热工参数由电子计算机和机械相配合,作到合理控制操作,从而使燃耗降低。连续式加热炉的炉墙、炉顶广泛采用耐热可塑料,炉床边部用浇注料,中间用耐火砖砌筑,炉体密封好,并采用防护钢板及各种绝热材料,所以,炉子外墙温度低,散热量小。此外采用电动或汽动方式的装出料炉门,可随时开闭,冒火极少。

(2) 钢锭(坯)热装炉和直接轧制 这是利用钢锭(坯)显热、降低热能单耗的有效方法,是轧钢生产节能的重点项目。热装炉是将脱模后的赤热钢锭或初轧后的热坯或连铸热坯高温直接装入加热炉的方法。直接轧制是初轧坯不经再加热而直接送入轧机轧制的方法。这两种方法的节能效果显著,可将热能消耗减到最低限度。日本大同特殊钢公司知多厂炼钢车间全部钢锭热装至均热炉,不但节省脱模厂房,可以不设专门脱模吊车,而且热效率高,可使燃料(重油)平均单耗降低到29升/吨钢,碳钢和轴承钢分别降低到16~18升/吨和35升/吨,装炉温度为950~1000°C,热效率达30%。为了便于进行热装操作,在热坯运送和保温方面也相应地采取了一些措施,如东海工厂和川崎工厂远距离的热锭运输都采用保温车。也有用特制的板坯保温台车将连铸板坯运送到热轧机加热炉,取得了较好的效果。

(3) 热处理炉的节能 其中罩式炉是一种间断式退火炉。这种炉子因升温时废气温度低,与连续炉相比,其换热器的利用率低;另外,每当装炉、出炉时,要将炉罩吊起,所以,必须用轻而简单的换热器。日本采用换热器的罩式炉已超过90座,炉子出口废气温度为700°C时,空气预热温度可达350°C,节省燃料约14%。再如,不锈钢带钢广泛使

用链式炉进行退火, 加热温度为 1100°C , 需要大能力时, 将两个炉子联成一体, 在能力相同的情况下, 炉长缩短约 20%, 燃料单耗可减少 17%^[14]。

此外, 如控制轧制、余热淬火、连续退火精整作业线、加热炉采取合理的加热制度等, 也都是节能效果较好的措施。

三、国外部分特殊钢厂简介

1. 日本大同特殊钢公司知多厂^{[8][15]}

大同特殊钢公司是由日本三家大型特殊钢公司——大同钢铁公司、日本特殊钢公司、和特殊钢铁公司于 1976 年 9 月合并而成的。合并后共拥有十二个厂, 如星崎、知多、涩川、川崎等。职工总数 10339 人(1977 年 1 月, 其中工人 9294 人, 职员 1045 人)。年生产能力: 粗钢 140.1 万吨, 轧材 289.3 万吨。作为钢铁企业来说, 其规模在日本为第七位, 作为特殊钢厂来说, 在世界上属大型的。

大同特殊钢公司生产的钢种比较齐全, 包括高速钢、弹簧钢、轴承钢、不锈钢、耐热钢和易切削钢等。轧制产品有热轧圆钢($\phi 13\sim 250$ 毫米), 方钢(16~250 毫米), 盘条($\phi 5.5\sim 32$ 毫米), 扁钢(厚 5~55 毫米 \times 宽 20~180 毫米), 冷拔棒材(达 100 毫米), 钢丝(达 $\phi 30$ 毫米), 焊条($\phi 0.8\sim 2.4$ 毫米)和中空钢(19~38 毫米中空六角钢, 和 $\phi 32\sim 38$ 毫米圆钢)。其它产品还有模锻件、锻造棒材、冷轧窄带钢、精密铸件等。

大同特殊钢公司知多厂是其最大的工厂, 其冶炼设备有:

50 吨电炉一座, 70 吨电炉四座, 70 吨和 80 吨真空脱气设备各一套。

轧制设备有:

(1) 初轧车间 设有 $\phi 1020$ 毫米初轧机一座, $\phi 870$ 和 $\phi 780$ 毫米钢坯轧机各一架, 配备有上部单侧烧嘴均热炉十三座, 火焰清理机一台, 钢坯自动研磨机九台及钢坯磁力

探伤机二台。

(2) 小型轧钢车间 设有全连续式小型轧机一套。由 $\phi 480$ 毫米粗轧机六架, $\phi 420$ 毫米中轧机四架及 $\phi 345$ 毫米精轧机四架组成。并配备有三段连续式加热炉一座, 组合式轧边机三台, 小型材磁力探伤机及线材卷取机等。

(3) 线材车间 由粗轧、中轧、精轧机列组成。其粗轧机列由 $\phi 480$ 毫米粗轧机二架和 $\phi 440/400$ 毫米粗轧机五架组成; 中轧有二组, 第一中轧机列有 $\phi 345$ 毫米轧机四架, 第二中轧机列有 $\phi 320/310$ 毫米轧机七架; 精轧机列为 $\phi 280$ 毫米精轧机六架, 并配备有相应的加热炉, 卷取机等设备。

此外, 还设置热处理车间等。

知多厂的特点是:

① 为了能够生产优质价廉的特殊钢材, 设计时注意了以下各点: 确保原材料稳定可靠, 采用大型冶炼设备和效率高、精度高的轧机, 精整设备和检测仪表机械化和自动化, 使每个设备都成为流水作业线, 高效率, 省力化等;

② 赤热的钢锭脱模后直接装入均热炉, 使热耗减少到最低限度。表面清理放在初轧以后, 用火焰清理机将钢坯四面同时清理;

③ 采用的电炉是莱克特劳梅尔式, 是炉底不导电式。设有电磁放大器自动调节电流装置、电磁感应搅拌装置、大功率变压器等, 可快速均衡地冶炼, 最适应冶炼特殊钢;

④ 每个电炉都设有完备的除尘装置, 对改善环境, 防止公害具有显著的效果;

⑤ 可以快速分析, 对碳、硅、锰、磷、硫、铜、镍、铬、钼等主要元素取样后, 仅用 2~4 分钟即可分析完毕并报告给炉前;

⑥ 设有 R-H 真空脱气装置, 可将钢水减压到 0.1 托以下, 主要用于冶炼轴承钢及特殊用途的钢种, 可以显著地降低钢水中的氧及氢含量, 能生产非金属夹杂物少、质量优良的钢种;

⑦ 初轧轧制工艺的显著特点是,加热温度偏低,加热时间长而均匀;轧制道次分配上采用小压下多道次。另外,每轧两道翻一次钢,有益于保证轧材的质量;工艺布局合理,生产连续而不间断,作业率高;小型轧机是串列式的,尺寸精确,效率高;

⑧ 采用喷丸及荧光磁粉探伤机检验钢坯表面缺陷。

2. 瑞典滚动轴承厂有限公司^[10]

该公司简称SKF。建于1907年。属于瓦伦堡财团,是一个国际性集团。母公司设在瑞典哥德堡。目前SKF集团共有150多个子公司分布在48个国家,其中很大一部分是销售和业务公司,进行生产的只有80多家,分设在13个国家。SKF公司主要是以制造轴承驰名于世,但在切削工具、机械、铸钢、航空和特殊钢生产方面也有较大势力。

SKF公司于1966年在瑞典设立钢部,钢总部设在霍伏斯,共有职工约6000人。它在国内主要有三个特殊钢厂,即霍伏斯(Hofors)厂、海莱伏斯(Hellefors)厂和朋勃罗(Pangbro)厂。年生产能力可达72万吨,其中霍伏斯厂年生产能力为34万吨,海莱伏斯厂为35万吨,朋勃罗厂为3万吨。

霍伏斯厂主要生产钢管、环件及 $\phi 5.5\sim 11.9$ 毫米线材。海莱伏斯厂主要生产棒材、热轧带钢以及 $\phi 12\sim 32$ 毫米线材。朋勃罗厂只生产冷轧带钢和焊接环。

各厂主要装备和能力如下:

(1) 霍伏斯钢厂

① 海绵铁厂 有 $\phi 3$ 米海绵铁炉,采用气体还原法,年产量2.5万吨;

② 炼钢车间 有100吨酸性平炉二座,年生产能力为14万吨;100吨双壳电炉加100吨钢包炉(即MR法)一套,年生产能力为30万吨;17吨电渣炉一台,生产边长为500毫米长2000毫米的实心方锭与外径为350~1100毫米、壁厚大于或等于75毫米、最长2300毫米的中空锭,最大锭重为17吨;

③ 初轧车间 有 $\phi 840$ 毫米双机架初轧机一套,轧制钢锭重量3.3吨,生产方坯和 $\phi 75\sim 195$ 毫米管坯,年生产能力40万吨;

④ 小型棒材轧机 $\phi 450$ 毫米三机架小型轧机一套,生产 $\phi 30\sim 40$ 毫米棒材和 $\phi 60\sim 70$ 毫米管坯,年生产能力10万吨。

23机架半连续式线材轧机一套,生产 $\phi 5.5\sim 12$ 毫米线材,盘卷外径1250毫米,内径900毫米,盘重700公斤,年生产能力7万吨;

⑤ 热轧钢管车间 两套阿塞尔热轧钢管轧机,即 $\phi 210$ 机组一套,生产外径为90~210毫米、壁厚9~45毫米、长10米钢管,年生产能力12万吨; $\phi 120$ 机组一套,生产外径为55~120毫米、壁厚6.5~24毫米、长11米钢管,年生产能力6万吨;

⑥ 冷轧钢管车间(包括扒皮) 设有皮尔格冷轧管机二十台,生产外径为25~110毫米、壁厚4~20毫米冷轧管,年生产能力5万吨。连续式退火炉八座,其中二座有保护气体。另设有双头六角扒皮车床十四台,可扒外径为24~200毫米热轧钢管,扒皮机能力9万吨/年;

⑦ 轧环车间 设有五架热轧环机,生产外径为150~1800毫米、宽30~400毫米、厚10~75毫米的轧环,最大环重1000公斤;

⑧ 冷拔车间 设有棒材冷拔机十台,冷拔棒材直径为20~85毫米。拉丝卷筒十九个,生产 $\phi 1.5\sim 10$ 毫米钢丝。

(2) 海莱伏斯厂

① 炼钢车间 有100吨、90吨和80吨酸性平炉各一座,年生产能力13.5万吨;70吨双壳电炉+70吨钢包炉一套,年生产能力20万吨;

② 初轧车间 设有 $\phi 900$ 毫米初轧机一台,生产120毫米方坯和450×60毫米扁坯,年生产能力为31万吨;

③ 大型棒材轧钢车间 设有 $\phi 680$ 毫米三机架大型轧机一套,生产 $\phi 75\sim 200$ 毫米大

型材,年生产能力4万吨;

④ 新小型棒、线材轧机 由一架粗轧机,一架三辊行星式轧机和十四架连轧机组成,年生产能力30万吨,其中 $\phi 12\sim 32$ 毫米线材和盘条5万吨, $\phi 20\sim 65$ 毫米棒材25万吨;

⑤ 热轧带钢车间 设有森吉米尔行星式热带轧机一套,生产宽150~450毫米、厚2~8毫米热轧带钢;

⑥ 冷拉车间 设有新型开卷冷拔机四台,连续式可控气氛退火炉二座及扒皮车床,无芯磨床等。

(3) 朋勃罗钢厂

设有三机架四辊冷连轧机,四辊冷轧机,新型四辊冷轧机,二辊平整机及十六辊冷轧机和连续冷带轧机共八架,生产厚0.01~3.2毫米、宽2.2~440毫米冷轧带钢,总能力为2.0~2.5万吨。辅助设备有高、低碳钢带连续式退火炉各一座,冷轧带钢淬、回火设备一套以及磨边机、纵切机、抛光机等。

3. 法国康芒推耶里公司康芒推厂^[5]

该厂建于1843年,是一个老厂。1953年与美国签订生产高速钢的技术合作合同,于1956年创立此公司。康芒推厂是法国生产高速钢材两个厂家中较大的一家专业化厂。主要生产高速钢板材、棒材和盘条,并制作相当数量的圆锯片和锯条半成品,年产量1.5万吨钢,板材和棒材各占一半,其中70%出口,在国际市场上有一定的竞争能力。

该厂主要设备有:

20吨和14吨电炉各一台,1200吨水压机一台,4500公斤和1800公斤蒸汽锤各一台。轧制设备有横列式 $\phi 620$ 毫米四机架中型轧机一套, $\phi 300$ 毫米小型线材轧机一套,二辊周期式迭轧薄板轧机及四辊冷轧机等。四辊冷轧机生产厚0.22~2毫米、宽450~650毫米、长1000~1800毫米的高速钢板。

高速钢板材是特殊钢生产中难度较大的一种产品,而康芒推厂就在普通的二辊迭轧

薄板轧机上轧制出质量高的高速钢板。其锻造、轧制工艺如下:

在容量为20吨和14吨的电炉中冶炼。采用低温快注(上注),注温为 1500°C ,锭型为320毫米方锭,重850公斤,每炉钢最多浇22支钢锭,在15分钟内注完,第一支钢锭和最末一支钢锭温差约 15°C 左右,然后钢锭热送至锻钢车间。

钢锭在室式炉中加热,温度控制在 $1190\sim 1200^{\circ}\text{C}$,经1200吨水压机开坯,将320毫米方锭一火锻至160毫米方坯后,仍装入室式炉中再加热,为轧制做好准备。然后在横列式四架 $\phi 620$ 毫米轧机上轧制棒材、方坯和板坯,经锯或剪切后装入铸管中,热送至车底式退火炉中处理。

线材和盘条在 $\phi 300$ 毫米轧机上轧制。对板材的轧制,要求操作速度快,保持轧制温度,所以板坯的加热非常关键。该厂选用环形炉加热。经精整合格的板坯,侧立在环形炉中加热,温度均匀透烧。出炉后在二辊迭轧薄板轧机上轧制,采用人工夹钳操作,动作迅速。然后由迭板机折迭,送辊底式炉中再加热后再迭轧。环形炉和辊底式再加热炉距离轧机很近,板坯在运往轧机过程中温降很少。钢板在辊底式炉中热处理,然后剪切、平整、检尺、分选和包装。

康芒推厂高速钢冷拔盘条(直径 ≥ 6 毫米)的生产,采用抛丸机代替酸洗(钢丸粒度 $\phi 0.3$ 毫米),然后进行磷化、皂化和拔制。拔制在一般的冷拔机上进行,中间热处理和成品热处理均在可控气氛井式炉中进行。加热炉和热处理炉都装有仪表,自动控制温度和其它热工参数。为了得到良好的成品表面,采用西德制造的高速车床对棒材表面进行车削。

康芒推厂生产高速钢板材的特点是轧制操作快,温度控制严格;板坯采用环形炉加热,温度均匀;环形炉与辊底式再加热炉距离轧机很近,板坯在运往轧机过程中温降很少;