

高等学校教学用书

型钢生产理论 与工艺

GAODENG

XUEXIAO

JIAOXUE

YONGSHU

冶金工业出版社

高等学校教学用书

型钢生产理论与工艺

北京科技大学 王有铭 主编

冶金工业出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

型钢生产原理与工艺/王有铭主编.-北京:冶金工业出版社, 1996

高等学校教学用书

ISBN 7-5024-1851-2

I. 型… II. 王… III. 型钢-型材轧制-高等学校-教材
IV. TG335.4

中国版本图书馆CIP数据核字 (96) 第05089号

出版人 卿启云 (北京沙滩岗祝院北巷39号, 邮编100009)

三河市印刷厂印刷; 冶金工业出版社出版; 各地新华书店发行

1996年10月第1版, 1996年10月第1次印刷

787 mm×1092 mm 1/16; 15.625印张 378千字; 244页; 1-3500册

15.00元

前 言

本书是根据冶金部“八五”教材工作会议制定的教材规划编写的,是大学本科金属压力加工专业的专业课教材。通过本课程的学习,可使学生掌握型钢生产理论,生产工艺特点,选择有关设备,钢材质量控制,轧制新工艺和新技术等方面的知识。本书除可作为教材外,也可供从事金属压力加工和有关专业现场科技人员参考。本书在保证专业教学计划要求的前提下,较全面地反映了国内外在型钢生产方面的新工艺和新技术。

本书由北京科技大学王有铭主编,东北大学朱殿强和西安建筑科技大学赵松筠参加编写。全书共6章,其中王有铭编写第1章、第3.2~3.4节、第4章;赵松筠编写第2章、第6章;朱殿强编写第3.1节、第5章;东北大学郭长武参加第3.5~3.6节的编写。

为了保证该教材的质量,1994年12月在北京科技大学召开了部分任课教师参加的“型钢生产理论与工艺”教材审稿会,代表们认真地审查了原稿,并提出了修改或补充意见。编者在此表示感谢。

由于编者业务水平有限和时间仓促,书中定有不妥之处,敬请读者给予批评指正。

编者

1995年3月

目 录

绪论	1
1 型钢生产的一般特征	3
1.1 型钢分类、特征及其生产系统	3
1.2 型钢的原料及轧前准备	21
思考题	25
参考文献	26
2 型钢生产理论	27
2.1 型钢轧制的咬入条件	27
2.2 型钢轧制时的金属变形	32
2.3 孔型中轧制时力能参数的计算	58
2.4 四辊孔型中的轧制理论	71
思考题	91
参考文献	92
3 型钢生产工艺	93
3.1 大型材和轨梁生产	93
3.2 中小型材的生产	115
3.3 棒材和线材生产	129
3.4 型材的精整	143
3.5 轧制周期断面型钢	155
3.6 双层或多层金属型材生产	170
思考题	175
参考文献	176
4 合金钢棒材生产	177
4.1 合金钢的分类	177
4.2 合金钢型材生产的工艺特点	177
4.3 合金钢的坯料准备	179
4.4 合金结构钢的轧制	180
4.5 滚动轴承钢的轧制	187
4.6 不锈钢和耐热钢的轧制	194
4.7 合金工具钢和高速工具钢的轧制	201
思考题	210
参考文献	211
5 冷弯型钢生产	212
5.1 冷弯型钢的品种及对其质量要求	212
5.2 冷弯型钢的生产特点	213

5.3 冷弯型钢成形的理论基础.....	213
5.4 辊弯成形机组的组成.....	218
5.5 成形辊孔型设计基础.....	222
5.6 冷弯型钢孔型设计.....	227
5.7 焊接空心型钢孔型设计方法.....	228
思考题	230
参考文献	230
6 型钢生产车间的生产能力计算及技术经济指标.....	231
6.1 轧制工作图表.....	231
6.2 轧机小时产量.....	235
6.3 影响轧机小时产量的因素及提高小时产量的措施.....	237
6.4 轧机年产量计算及轧机负荷率.....	240
6.5 型钢轧机的技术经济指标.....	241
思考题	244
参考文献	244

绪 论

钢铁的生产数量和技术水平是一个国家国民经济实力的重要标志,是工业、农业、国防和科学技术现代化的基础。在钢的生产总量中,除一小部分采用铸造和锻造等方法直接制成成品外,90%以上都须经轧制成材。尽管钢材生产中板和管的比例在不断提高,但是型材在国民经济各领域仍然占有不可缺少的地位。根据各个国家的具体条件,型钢占钢材总量的30%~60%。我国目前的型材占总钢材数量的50%左右,因此,掌握型钢生产理论与工艺,提高型钢产品质量和精度,开发新品种、新工艺、新设备,完善生产自动化和计算机控制技术等仍具有很大现实意义。型钢生产在轧钢生产中仍然占有重要地位。

随着炼铁、炼钢、连铸和轧钢技术的飞速发展,机械制造、电子技术和计算机控制技术的进步以及整个科学技术的发展,促使型钢生产理论和工艺在不断发展,型钢生产的装备水平、工艺水平及产品质量水平都有不同程度的提高。型钢生产技术的发展主要表现在以下几个方面。

1. 型钢内在质量更加纯净。为了提高钢材内部质量,通过炼铁、炼钢、炉外精炼等新技术的采用,对钢的成分、有害元素含量、有害气体、夹杂物等进行严格控制,净化了钢质,改善了钢材质量。

2. 型钢生产日趋连续化。为了提高轧机产量,提高轧件精度,型钢生产趋向于采用连续式生产方式,特别是轧制小断面型材时,连续生产具有突出的优越性。因而连续式中小型轧机,高速无扭连续式线材轧机得到飞速发展。

3. 轧制速度不断提高。生产过程的连续化为提高轧制速度创造了有利条件。连续式中小型钢轧机的轧制速度达到14.0~25.0m/s。高速无扭线材轧机的轧制速度达到120~140m/s。

4. 轧机的强度和刚度不断提高。为了提高型钢的断面形状和尺寸精度,对轧机进行结构上更新和改造,以增强轧机的刚性,例如各种类型的短应力线轧机,预应力轧机等。

5. 用连铸坯取代初轧钢坯。它可以提高成材率,简化工艺过程,降低生产成本。国外一些型钢轧机轧制碳钢时连铸坯占钢坯总量的90%以上,个别厂达到100%。对一些合金钢厂,连铸比也达到80%~90%。为了解决大断面连铸坯与中小型型钢和线材轧机的衔接,则采用了切分轧制技术。

6. 连铸坯热送、热装和直接轧制技术的采用。为了节省热能,将连铸坯直接热送到轧钢车间,稍进行加热、均温后即可进行轧制,当坯温接近轧制温度时,仅对边角局部加热后直接送入轧机进行轧制,简化了工艺,车间紧凑,改善了钢材内部质量。

7. 采用控制轧制、控制冷却和形变热处理技术。为了提高钢材质量和性能,根据热变形物理冶金理论,通过控制轧制工艺参数和轧后冷却制度来控制钢材组织变化规律,改善其组织和性能。

8. 开发新工艺、新品种及经济断面型钢。为了节省钢材,提高金属收得率,减轻设备和结构件重量,因此要不断开发经济断面型材,例如热轧经济断面型材,冷弯型钢,焊接型钢和其他楔横轧、横轧轧制而成的异形断面型钢。

9. 生产趋向专业化。采用专用设备及专用加工生产线进行生产,以提高轧机产量、产品质量和降低成本,例如型钢万能轧机, H型钢轧机, 棒、线材轧机等。

10. 发展低合金钢和合金钢型钢。利用铌、钛、钒等合金化元素生产低合金钢和合金钢, 配合控制轧制、控制冷却和形变热处理工艺, 能显著提高钢材的性能, 延长使用寿命, 减轻本身重量, 扩大使用范围。

11. 采用轧钢生产自动化与计算机控制技术。为了轧钢生产连续化、自动化, 提高产品质量, 稳定性能, 降低消耗, 采用自动化和计算机控制技术是先决条件。

12. 采用自动检测技术。它是保证钢材尺寸精度及内部和外部质量的重要手段。近些年来, 自动检测技术得到飞快发展, 既能离线检测, 也可以在线检测。

总之, 随着型钢生产理论和工艺技术的不断发展, 将会出现更多的理论和实际课题, 有待于轧钢工作者不断探求与解决, 推动型钢生产发展。

通过对型钢生产理论与工艺课程的学习, 应达到:

(1) 了解和熟悉各类型钢生产的基本理论、工艺过程和工艺特点, 掌握有关的基本知识,

(2) 能够进行型钢生产工艺分析和工艺设计, 以及必要的工程计算,

(3) 了解和掌握提高型钢产品产量和质量的方法和途径,

(4) 根据工艺要求能够选择相应的设备。

(5) 了解目前国内外型钢生产的新工艺、新技术发展和应用情况。

型钢品种繁多, 生产方式各异, 本书不可能全部包括, 因此应根据本课程教学大纲的要求, 结合各校特点, 重点介绍典型品种、典型工艺, 以达到掌握基本内容的目的。

1 型钢生产的一般特征

型钢生产历史悠久,品种、规格繁多,用途广泛,在轧钢生产中占有非常重要的地位。型钢一般占钢材总产量的30%~60%。随着板带材比例的增加,型钢所占比例在减小。目前我国型钢产量占钢材总产量的50%左右。

根据型钢的化学成分、生产方式、断面形状、尺寸和用途的不同,型钢有不同的分类。

1.1 型钢分类、特征及其生产系统

1.1.1 型钢的品种分类及其特征

钢材的品种规格是指钢材的断面形状和尺寸的总称。据统计各类型钢的形状有1500多种,尺寸规格达3900多个。型钢用于国民经济中的各个领域,占有不可缺少的地位。

按照型钢的生产方式可以分为热轧型钢,冷轧、冷拔型钢,热弯、冷弯型钢,焊接型钢和用特殊方法生产的型钢(如火车车轮、轮箍、钢球、变断面阶梯轴、齿轮、钻头)等。

1.1.1.1 热轧型钢的分类及特征

热轧型钢是冶金生产中最后一个生产环节的产品之一,它的品种繁多,断面几何形状及其尺寸差异很大。按照型钢断面形状及用途,热轧型钢可以分成三类。

(1) 简单断面型钢

简单断面型钢是指钢材横断面对称,外形比较均匀、简单,如圆钢、线材、方钢和扁钢等。这类型钢多用于机械制造、金属结构、桥梁建筑等部门,大部分线材则作为拉拔材的原料。

(2) 复杂断面型钢

复杂断面型钢也有称为异形断面型钢,是指横断面由两个以上的简单几何形状组成,具有长而薄的翼缘。复杂断面型钢可以分成以下几种:

1) 钢材断面具有水平及垂直方向二个对称轴的型钢,如工字钢、H形钢等;

2) 断面上有一个对称轴的型钢,如槽钢、T形钢和U形钢有垂直方向的对称轴,钢轨在水平方向上对称;

3) 钢材断面上没有对称轴的型钢,即在型钢断面各部分的组成上、在水平和垂直方向上均不对称,如球扁钢、钢窗用钢和犁铧钢等。

复杂断面型钢在热轧成形过程中各部分金属变形严重不均,表现在孔型各个部位的轧制速度不均,各部分金属受力条件不同,变形时间的不同步性等。这种严重的不均匀变形导致轧件在孔型内变形的复杂化。严重的不均匀变形对轧件的质量、轧辊磨损、轧制能耗以及导卫装置安装和调整工作带来很多不利影响。

复杂断面型钢在轧后自然冷却过程中断面各部分的金属冷却条件不同,引起各部金属温度不同,造成冷却收缩不均。这样,就会使冷却后的型钢发生弯曲或扭转,造成轧件内部组织性能的不均匀和外部尺寸的变化,将给后部精整带来困难以及成材率的降低。

复杂断面型钢的部分产品有工字钢、H形钢、槽钢、钢轨、Z字钢、T字钢、窗框钢、

钢桩、球扁钢、履带钢和轮钢等。

(3) 周期断面型钢

周期断面型钢的断面和尺寸呈周期性沿轧材纵轴方向变化。这种型钢可用纵轧、斜轧、横轧或楔横轧方式生产。周期断面型钢的部分产品有热轧、冷轧带肋钢筋、变断面轴、变断面扁钢和机械零件用的变断面轧件。

1.1.1.2 热轧型钢的表示方法和规格范围

由于热轧型钢形状各异，其表示方法也各不相同。部分热轧型钢的表示方法、规格范围及其用途列于表1-1中。

表 1-1 部分热轧型钢的表示方法、规格范围及用途

断面形状	表示方法	规格范围	用 途
H形钢	高×宽	193~718×150~500mm	土建、桥梁、建筑、支护
钢 轨	kg/m	5~30kg/m 38~75kg/m 80~120kg/m	轻轨 重轨 吊车轨
工字钢	腰高的 $\frac{1}{10}$ (№)	№5~63(50~630×32~115mm)	建筑、造船、金属结构件
槽 钢	腰高的 $\frac{1}{10}$ (№)	№5~45(50~450×32~115mm)	建筑、车辆制造、金属结构件
U形钢	kg/m	18~36kg/m	结构件、支护
Z字钢	高度	60~310mm	结构件、铁路车辆
T字钢	腿宽×厚度	150×9~400×32mm	结构件、铁路车辆
等边角钢	边长的 $\frac{1}{10}$ (№)	№2~25(20×20~250×250mm)	建筑、造船、机械、车辆、结构件
不等边角钢	(长边长/短边长)的 $\frac{1}{10}$ (№)	№2.5/1.6~2.5/16.5 (25/16~250/165mm)	建筑、造船、结构件
扁 钢	厚×宽	3~60×10~240mm	薄板坯、焊管坯
圆 钢	直径 ϕ	9~350mm	无缝管坯、机械零件、冷拔
线 材	直径 ϕ	4.5~13mm	建筑冷拔
方 钢	边长A	5~250mm	机械制造零件
六角钢	内接圆直径, №	5~100mm	机械制造零件
球扁钢	宽×厚	50×4~270×14mm	造船
带肋钢筋	外径, №	12~40mm	建筑

型钢根据断面尺寸或单位长度重量分为钢轨、钢梁、大型材、中小型材和线材。各种轧机轧制的钢材规格具体划分如下：

轨梁轧机生产的轨梁材有 38~75kg/m 重轨、№24~63工字钢、直径 90~350mm 圆钢。

大型轧机轧制的大型材有直径 80~350mm 圆钢、边长大于 100mm 的方钢、18~75kg/m 钢轨、№22~63工字钢和槽钢。

中型轧机轧制的中型材有直径 32~100mm 圆钢、8~30kg/m 轻轨、№5~16 工字钢和槽钢、№6~18 角钢。

小型轧机轧制的小型材有直径 9~65mm 圆钢、№5~8 工字钢和槽钢、№2~8 角钢。

线材轧机轧制的线材或带肋钢筋直径为5~13mm,也可以生产出直径达40mm的盘条。

1.1.1.3 冷轧、冷弯型钢的种类及特征

根据冷成型方式的不同,生产的型钢有冷轧钢筋,冷轧带肋钢筋,冷拔、冷轧带肋钢筋和冷弯型钢等。

(1) 冷轧带肋钢筋

冷轧带肋钢筋以前被称为冷轧螺纹钢筋是国内外近几年发展起来的钢材新品种。它是以普通低碳钢盘条(含碳0.09%~0.27%)经一道或几道冷拔(或辊拔、轧压)减径、最终一道轧成螺纹而成,其抗拉强度由380MPa提高到 ≥ 500 MPa,延伸率仍不低于8%,冷轧带肋钢筋主要用于混凝土公路、机场跑道、隧道、混凝土管内钢筋及混凝土梁、板和楼板内的配筋,也可用于大型载重车辆的腹条。

冷轧带肋钢筋尺寸范围为直径4.0~12mm。推荐钢筋公称直径为5、6、7、8、9、10mm。钢筋按抗拉强度分为3级:LL550、LL650、LL800。LL550表示抗拉强度不小于550MPa的钢筋。冷轧带肋钢筋其表面形状分为两面有肋或三面有肋两种,肋呈月牙形。三面肋沿钢筋横截面周围上均匀分布,其中有一面必须与另两面反向。肋中心线和钢筋纵轴线夹角为 40° ~ 60° 。肋两侧面和钢筋表面斜角不得小于 45° 。肋间隙的总和应不大于公称周长的20%。

冷轧带肋钢筋的强屈比 $\sigma_b/\sigma_{0.2}$ 应不小于1.05。

近几年来,国内所开发的主动式轧制冷轧带肋钢筋的工艺装置有紧凑式冷轧带肋钢筋轧机、冷轧带肋钢筋连轧机、Y型三辊连轧机和悬臂式无扭冷轧带肋钢筋连轧机几种。

(2) 冷弯型钢

冷弯型钢按其生产方式可分为冷拔弯曲、折弯弯曲、冲压弯曲和辊式弯曲四种。

冷拔弯曲是将热轧带钢经一系列模孔拉拔、弯曲成型钢。

折弯弯曲是在特殊弯曲机上将带钢逐步弯曲成型钢。

冲压弯曲是将带钢在压模内经冲压机的模具压力弯曲成型钢。

辊式弯曲是将带钢连续通过许多旋转方向相反的轧辊,并在孔型中顺次改变其横断面的形状,而形成型钢。

冷弯型钢品种繁多,形状复杂。利用冷弯方法可以生产热轧无法生产的各种特薄、特宽和断面形状复杂的薄壁型钢。国外的冷弯型钢的品种规格已达万种以上。

按冷弯型钢的断面形状,分为对称断面和不对称断面两类。

根据冷弯型钢的用途、生产设备和工艺的不同,它又分为开口断面冷弯型钢、闭口断面冷弯型钢、半闭口断面冷弯型钢、宽幅波纹板和冷弯钢板桩等。

1.1.2 生产各类型钢的钢种

根据国家标准GB/T13304—91用于生产型钢的钢种有非合金钢、低合金钢和合金钢三类。各类钢的合金元素规定含量界限值列于表1-2中。

1.1.2.1 用于生产型钢的非合金钢

非合金钢是1991年制订国家钢标准中引用国际标准的通用术语,便于与国际标准统一。非合金钢除应符合表1-2中限定的各元素含量外,它的内涵比以前通用的“碳素钢”更广泛,既包括“碳素钢”,还包括电工用纯铁及其专用的、为了获得某种特殊性能和工艺性能而有意地在钢中加入一种或某几种微量元素或保留一定量残余元素,但这些元素仍未达到低合

表 1-2 非合金钢、低合金钢和合金钢合金元素规定含量界限值

合 金 元 素	合金元素规定含量界限值, %		
	非合金钢	低合金钢	合 金 钢
Al	<0.10	—	≥0.10
B	<0.0005	—	≥0.0005
Bi	<0.10	—	≥0.10
Cr	<0.30	0.30~0.50	≥0.50
Co	<0.10	—	≥0.10
Cu	<0.10	0.10~<0.50	≥0.50
Mn	<1.00	1.00~<1.40	≥1.40
Mo	<0.05	0.05~<0.10	≥0.10
Ni	<0.30	0.30~<0.50	≥0.50
Nb	<0.02	0.02~<0.06	≥0.06
Pb	<0.40	—	≥0.40
Se	<0.10	—	≥0.10
Si	<0.50	0.50~<0.90	≥0.90
Te	<0.10	—	≥0.10
Ti	<0.05	0.05~<0.10	≥0.10
W	<0.10	—	≥0.10
V	<0.04	0.04~<0.12	≥0.12
Zr	<0.05	0.05~<0.12	≥0.12
La系(每一种元素)	<0.02	0.02~<0.05	≥0.05
其他规定元素(S、P、C、N除外)	≤0.05	—	≥0.05

金钢成份范围的钢种, 如我国生产的兵器专用钢50Z、50AZ等。

按非合金钢的质量等级又分为普通质量非合金钢、优质非合金钢和特殊质量非合金钢三种级别。

(1) 普通质量非合金钢不专门规定在生产过程中有目的的质量控制, 仅能满足有关标准中所规定的C、S、P和N含量及其力学性能即可。

用于生产型钢的普通质量非合金钢主要包括: 1) 以规定最低强度为主要特性的Q195、Q215、Q235、Q255中的A、B级和Q275碳素结构钢, Q235碳素钢钢筋、50Q、55Q、Q235-A、Q255-A、轻轨垫板等铁道用钢, 钢板桩钢及一般工程用不进行热处理的普通质量碳素钢, 2) 以碳含量为主要特征的普通碳素钢盘条、一般用途低碳钢丝和栅栏用钢丝等。

(2) 优质非合金钢是指在生产过程中需要控制钢的晶粒度、降低硫、磷含量, 改善钢材表面质量, 以达到比普通质量非合金钢高一个级别的质量要求(例如具有良好的抗脆断性能和冷成型性等)。

用于生产型钢的优质非合金钢主要包括有: 1) 以规定最低强度为主要特性的优质碳素结构钢65Mn、70Mn、55Ti、60Ti、70Ti等; U71、U74重轨等铁道用优质碳素钢, 18q桥梁用钢, 12LW、15LW、08Z~25Z汽车用钢, 2) 以碳含量为主要特征的焊条用钢, 如H08、H08A、H15Mn, ML10~ML45、ML25Mn~ML45Mn冷拔用钢, 25~65、40Mn~60Mn冷拔1用盘条; Y12~Y35、Y12Pb、Y15Pb、Y45Ca易切削结构钢等。

(3) 特殊质量非合金钢是指在生产过程中需要特别严格控制钢的质量和性能(例如控制钢的淬透性能和钢质的纯洁度), 钢材要求进行热处理; 限制非金属夹杂物含量和 内

部材质均匀性等。

生产特殊质量非合金钢型钢的钢种主要有：1) 以规定最低强度为主要特征的65Mn、70Mn、70~85钢的优质碳素结构钢；保证淬透性能的45H钢，CL60A级，LG60与LG65A级铁道用钢；所有航空专用非合金结构钢以及各种兵器用非合金钢；2) 以碳含量为主要特征的H08E、H08C焊条用钢；65~68、65Mn碳素弹簧钢，65~80、60Mn~70Mn、T8MnA、T9A特殊盘条钢；非合金调质钢；冷顶锻和冷挤压钢；3) 要求测定热处理后冲击韧性的Y75易切削钢；4) 碳素工具钢和碳素中空钢（如T12A和ZKT8）。

1.1.2.2 用于生产型钢的低合金钢

在国家标准中将低合金作为一种分类规定下来，是根据国内低合金钢目前情况和国际低合金钢发展实际决定的。在我国，已经形成完整的低合金钢钢号系列和标准体系。在型钢中已有标准牌号接近70个。牌号系列中以Mn系为主，有些钢中加入微量元素 Mo、V、Nb、Ca、Re等，重点牌号为16Mn。

用于生产型钢的低合金钢也分为普通质量低合金钢、优质低合金钢和特殊质量低合金钢三个质量等级。低合金钢首先应满足表1-1中的合金元素含量，再根据质量等级要求进行不同程度的钢材质量控制。

(1) 普通质量低合金钢在生产过程中不规定进行专门的质量控制，如不规定对钢材进行热处理等，但应满足有关标准中所规定的技术条件。

用于生产型钢的普通质量低合金钢主要包括：1) 钢材的屈服强度不大于360MPa的一般用途可焊接高强度低合金结构钢，如09MnV、09MnNb、16Mn、09MnCuPTi、14MnNb等；2) 一般低合金钢筋，如20MnSi、20MnTi、20MnSiV、25MnSi、20MnNb等；3) 铁道用一般低合金钢轻轨，如45SiMnP、50SiMnP；4) 矿用低合金钢，如20MnK、25MnK、24Mn2K和30Mn2K等。

(2) 优质低合金钢在生产过程中有目的地进行钢的质量控制，降低钢中S、P含量，控制晶粒度，改善表面质量，增加工艺控制等，以达到比普通质量低合金钢高一级别的质量要求。

用于生产型钢的优质低合金钢主要包括：1) 屈服强度大于360MPa并小于420MPa的可焊接低合金高强度结构钢，其中有一般用途低合金结构钢，如15MnV、15MnTi、16MnNb、15MnVN等；造船、汽车、桥梁和自行车用低合金钢，如AH36、DH36、EH36、06~10TiL、16Mnq、15MnVq；2) 铁道用低合金重轨，如U71Cu、U71Mn、U70MnSi、U71MnSiCu；3) 铁路用异形钢，如09CuPRE、90V；4) 矿用低合金结构钢，如调质的20Mn2K、20MnVK、34SiMnK；5) 易切削结构钢，如Y40Mn。

(3) 特殊质量低合金钢除满足合金成分在限定界限值之外，在生产过程中要严格控制非金属夹杂物含量，钢材内部材质要均匀，控制S、P含量小于或等于0.025%、Cu≤0.10%、V≤0.05%。用于可焊接的高强度钢屈服强度要不小于420MPa，更应满足钢材的低温（低于-40℃）冲击性能。

用于生产特殊质量低合金钢型钢的钢种主要包括有：1) 可焊接的核船用低合金钢、船舰兵器用低合金钢；2) 铁道用低合金车轮钢，如CL45MnSiV；3) 低温用低合金钢。

1.1.2.3 用于生产型钢的合金钢

合金钢的合金元素含量如表1-2中所示。根据合金钢的质量等级分为优质合金钢、特

殊质量合金钢两类，这两类合金钢均可用于生产各种品种规格的型钢。用合金钢生产的型钢多以棒材、线材和丝材为主，一般不生产异型钢材。

(1) 优质合金钢是在满足合金成分要求条件下，在生产过程中对其钢的质量和性能进行必要的控制，但其要求低于特殊质量合金钢。例如生产可焊接的高屈服强度合金结构钢规定，其屈服强度值不大于420MPa，耐磨钢和硅锰弹簧钢中的S、P含量大于0.035%等。

用于生产型钢的优质合金钢钢种主要包括：1) 一般工程结构用合金钢，主要为高强度合金钢，但其规定的屈服强度 $<420\text{MPa}$ ，如生产履带板用热轧型钢40SiMn2、钢筋混凝土用钢筋40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi及不经热处理的石油、地质用钢管的管坯等；2) 轻轨，如36CuCrP，硫含量 $\leq 0.040\%$ ，抗拉强度 $\geq 785\text{MPa}$ ；3) 硫、磷含量大于0.035%的耐磨钢和硅锰弹簧钢，如40SiMn2拖拉机、推土机履带板用热轧型钢等。

(2) 特殊质量合金钢除满足化学成分的要求外，在生产过程中特别严格地控制其质量和性能。多数钢种要求进行炉外精炼及专门的热处理，以保证钢材的组织 and 性能要求。

用于生产型钢的特殊质量合金钢的钢种主要包括：1) 经热处理的合金钢钢筋，如40Si2Mn、48Si2Mn、45Si2Cr预应力混凝土用热处理合金钢筋，其屈服强度($\sigma_{0.2}$)达到1325MPa以上；2) 合金结构钢，20~50Mn2、27~42SiMn、40~50B、15~50Cr、20~30CrMnTi、20~50CrNi、25Cr2Ni4WA等；3) 合金弹簧钢，如55Si2Mn、60Si2Mn、60Si2CrA、60Si2CrVA、30W4Cr2VA等；4) 冷锻及冷拉钢，如ML15~40Cr、ML30~42CrMo、20~50Mn2、27~42SiMn、20CrMnTi、20~35CrMnSi(A)、15~45Cr(A)、45CrNiMoVA等；5) 焊接用盘条，如H08Mn2Si(A)、H08MnMoA、H13CrMoA、H30CrMnSiA等；6) 航空用结构钢，如12~37CrNi3A、40CrNiWA、40CrMnSiMoVA等；7) 军用钢，如21MnNiMo、35CrMnSiA、60Cr2MoA、58SiMn等炮弹用钢；8) 不锈、耐蚀和耐热钢，如0~4Cr13、1Cr18Ni9、1Cr17、1Cr18Ni9Ti、1Cr5Mo、4Cr14Ni14W2Mo、H0Cr21Ni10、9Cr18、Cr14Mo4等；9) 合金工具钢和高速工具钢，如9Cr2、5CrNiMo、W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2等；10) 特殊物理性能钢，如无磁钢(亦称低磁钢)、永磁钢和软磁钢的棒材、扁钢和高电阻电热钢和合金的盘条及棒材。

1.1.3 型钢生产工艺过程

型钢生产是冶金生产过程的最终工序。由于生产型钢的钢种、品种规格不同，轧机的布置及特点不同其生产工艺也有一定差别。热轧型钢的主要生产工艺过程包括：坯料准备及坯料缺陷检验，轧前坯料加热，轧制，锯切或剪断，钢材冷却，精整、表面清理，打捆，称重，标志和入库。

1.1.3.1 型钢轧机的特点

型钢生产工艺过程与其轧机的特点及布置方式有密切关系。不同类型的轧机所轧制出的产品范围也不同。生产轨梁、型钢和线材的各类轧机与所轧产品的关系如表1-3所示。

为了轧制一系列型钢和零件(如钢珠、轮箍、轴、环等)而建立各种型钢或专门的轧机(如轨梁轧机、H型钢轧机、万能轧机、薄板卷轧机、线材轧机等)和机组(如钢球轧机、轧轴轧机、轮箍轧机等)。

型钢轧机的尺寸按精轧机架人字齿轮直径或轧辊的名义直径来划分。轧机类型分为轨梁轧机、大型轧机、中型轧机、小型轧机和线材轧机。各类轧机的轧辊尺寸，最大轧制速度和产品如表1-3中所示。

表 1-3 各类型钢轧机特征与产品范围

轧机类型	轧辊尺寸, mm		最大轧制速度, m/s	产 品 范 围
	直 径	长 度		
轨梁轧机	750~900	1200~2300	5~7	38kg/m以上重轨; №24以上的工字钢、槽钢
大型轧机	500~750	800~1900	2.5~7	18~75kg/m钢轨; №22~63工字钢、槽钢, $\phi 80\sim 350$ mm圆钢
中型轧机	350~500	600~1200	2.5~15	直径或边长32~102mm圆钢、方钢, 8~30kg/m钢轨, №5~16工字钢、槽钢。
小型轧机	250~350	500~800	4.5~20	直径或边长9~65mm(连轧达75mm)的圆钢、方钢, №5~8工字钢、槽钢, №2~8角钢
线材轧机	250~350	500~800	10~50	直径5~9mm线材
高速线材轧机	150~250 (辊环直径)	62~100 (辊环宽度)	50~140	直径5~13mm线材; 盘卷达 $\phi 16\sim 50$ mm

型钢轧机有四种基本布置形式: 横列式、跟踪式、半连续式和连续式, 其布置形式如图1-1所示。

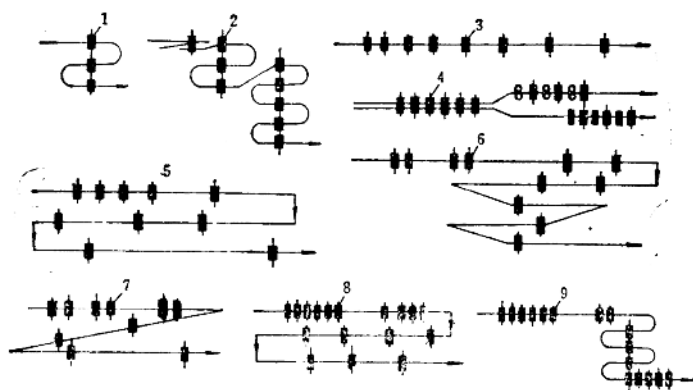


图 1-1 型钢轧机机架布置形式

1—一列式; 2—三列式; 3—跟踪式; 4—连续式; 5—三列跟踪式; 6—布棋式; 7—之形布置; 8—半连续与跟踪式组合轧机; 9—半连续与横列式组合轧机

型钢轧机横列式布置的工作机架可以一架或几架布置在一列或几列上, 如图1-1中1和2图所示。横列式轧机可以由一台主电机带动, 也可以分别带动, 可以单根轧制也可以多根同时在各架上轧制。一个主电机带动的横列式轧机轧制速度变化不大, 仅是列与列之间的轧制速度有明显变化。

在横列式轨梁轧机、大型轧机和部分中小型轧机的粗轧机组上, 轧件从轧辊中全部轧出后, 或从一个孔型到另一个孔型、从一架到另一架轧机以及从一列到另一列机架的运送, 主要靠横移机、推床和辊道来完成。而轧机从下轧制线的孔型轧出后送入上轧制线的孔型中, 则由升降台、双层辊道或简易提升装置来完成。

在小型轧机、线材轧机和部分中型横列式轧机上, 一根轧件可以在某几个机架或几列轧机中同时进行轧制。在这种情况下, 各机架和各机列之间, 由于各道次轧件延伸的不同, 轧制速度的不相适应会形成活套。因此, 轧件从一个孔到下一个孔, 或由一架到下一

架轧机，一般用正围盘和反围盘来输送。也有一些轧机仍采用手工操作。采用手工喂钢时，精轧机的轧制速度不超过7m/s。而用自动围盘的横列式小型和线材轧机的精轧机，其轧制速度达15m/s。

为了提高型钢轧机产量，整个生产过程实现机械化和自动化的现代型钢轧机采用跟踪式和连续式布置（如图1-1中的3和4图所示）。

跟踪式型钢轧机主要用于轧制复杂断面钢材，其生产特点是轧件在机架间自由轧出，每架轧机仅轧制一道，机架间不形成连轧关系，并且随着各道的延伸系数的增加，而逐渐增大轧制速度。为了缩短跟踪式型钢轧机的车间长度，而采用两线或三线平行布置的跟踪式轧机或布置成布棋式，有的布置成之字形（如图1-1中5、6、7图）。在某种情况下将轧机布置成半连续式，即某些轧机组成为连轧，而另一些轧机则为不连续的，或为横列式布置（如图1-1中8、9图）。

连续式轧制时，轧件可以在某一机组中形成连轧，也可以在所有机架中同时连续轧制。在连轧机上轧制时可采用轧件堆钢轧制，机架之间形成不大的、可调活套，或者采用带有微张力的轧制。

连续式轧机可以轧制任一断面和尺寸的型钢，例如圆钢、方钢、角钢和钢筋等。

为提高连轧机产量，可以在钢坯加热后、轧制前将热坯用焊头机将端部焊接在一起，而形成“无头轧制”工艺。

在现代型钢轧机中为了保证轧件在轧制过程中不进行翻钢而专门设置立辊工作机架。为了专门轧制工字钢、槽钢和钢轨，而将精轧机建成四辊万能轧机。当轧制焊管坯时则采用四辊轧机。

高速线材轧机一般由粗轧机组、中轧机组、预精轧机组（也有称二中轧机组）和精轧机组组成连续式轧机。粗轧机组一般由4~8架组成，中轧机组由4~6架组成，预精轧机组由4~6架组成，精轧机组由8~10架组成，精轧机组为了保持轧件不翻钢，实现无扭轧制。每架轧机的轧辊布置方式有下列几种：平-立交替布置；45°侧交布置；15°/75°侧交布置和45°顶交布置。精轧机组采用集体传动，以保证各架轧制速度匹配、稳定，转数调整范围大。为了提高线材尺寸精度可以再增加一组精轧机，一般增加3~5架三辊 KOCKS、Y型轧机，或者4架平-立轧机。高速线材轧机的机械化和自动化程度高，有很高的生产能力，能生产出高精度线材，代表了现代连轧机的特点。

1.1.3.2 型钢的生产过程

目前，我国生产的型钢所用原料有转炉钢、电炉钢和平炉钢（国外已基本淘汰平炉钢）。其坯料有连铸坯、轧制坯（也称初轧坯）和锻造坯三种。型钢的坯料生产过程如图1-2所示。

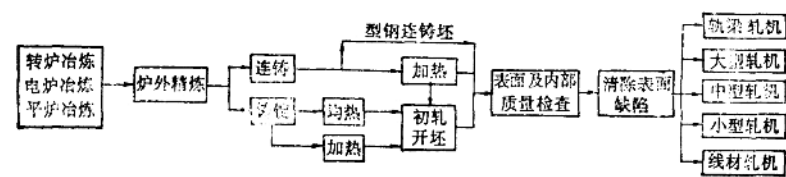


图 1-2 型钢的坯料生产过程

根据生产型钢种和生产条件的不同,其型钢的生产工艺过程也不同。

(1) 非合金钢和低合金钢型钢的生产工艺过程

根据所采用的原料和型钢生产系统区分,这两类钢种的型钢生产工艺过程可分为五种基本类型:

1) 连铸坯直接轧制系统,其特点是连铸设备与轧钢设备紧凑,充分利用连铸坯的热量,不需重新加热(或仅对坯料角部进行局部加热)而直接送入轧机,轧制成成品。这一工艺要求连铸坯表面质量有所保证,不需要建立大的开坯机,连铸速度与轧制速度要匹配、协调。这种工艺是今后轧制型钢的发展方向,即形成连铸连轧工艺。

2) 连铸坯采用一次加热,轧制成成品。连铸坯既可以用冷料,也可以热送热装炉,在热送连铸坯过程中,采取保温措施、减少热量损失。为了一次加热成材,连铸坯的尺寸不易过大,最小坯料断面尺寸为 $120\times 120\text{mm}$ 。因而也不需要设置大的开坯机。目前,这种生产工艺已经在轨梁、大型、中型、小型和线材轧机上得到广泛的应用。

3) 以钢锭和连铸坯为原料的大型生产系统。这种生产系统的特点是有能力强大的初轧机。以钢锭为原料时,既可用热锭,也可用冷锭在均热炉中加热。连铸坯在加热炉中加热之后,经初轧成坯,供型钢车间,经二次或三次加热轧成成品。由于多次加热,增加了燃料和金属消耗。所以,除特殊要求外,一般新建的型钢轧机都不采用这种生产工艺。

4) 以钢锭为原料的中型生产系统,其工艺特点是以冷锭为原料,经加热,在直径为 $900\sim 650\text{mm}$ 的二辊或三辊的开坯机上开坯及轧制成成品。也有经开坯后,作为小型和线材轧机的坯料,经二次加热,轧制成小型材或线材,钢锭重量一般在 $1\sim 4\text{t}$ 。

这种生产系统不仅能用于生产非合金钢和低合金钢钢种,而且也用于生产合金钢型材和线材。

5) 以小钢锭为原料的小型生产系统,其特点是所用钢锭重量轻、尺寸小,经一次加热,直接在中、小型或线材轧机上轧成钢材。这种生产工艺仅适合于一些地方企业。采用该工艺的轧机产量不高,钢材质量低,金属消耗大。

这五种类型的型钢生产工艺的基本生产工序是相同的,即:原料——加热——轧制(或控制轧制)——冷却(或控制冷却)——精整——表面清理——打印、标记——包装——入库。

(2) 合金钢型材的生产工艺过程

轧制合金钢钢材所用原料为钢锭和连铸坯。由于对合金钢钢材的表面和内部质量,物理、化学或力学性能的要求比非合金钢和低合金钢的要求严格,钢种特性比较复杂,其生产工艺过程也比较复杂,生产过程也有较大差别。

1) 合金钢钢坯生产工艺过程如图1-3所示。为了保证钢坯表面质量,对钢锭表面进行缺陷清理。为了降低钢的硬度,在清理前进行软化退火。钢锭开坯有两种方式,一种采用轧制开坯,对某些高合金钢则采用锻造开坯。随钢种的不同,锻、轧后的钢坯采用空冷、缓冷和热处理等工艺制度。

2) 合金钢型钢生产工艺过程。由于合金钢的钢种、型钢尺寸和用途的不同,型钢生产工艺过程也有所不同,其基本生产工艺如图1-4所示。

生产合金钢型钢所用原料为连铸坯和轧(锻)坯两种。为了清除钢坯表面缺陷,先进行酸洗,表面检查及清理,在连续式加热炉中加热,经机械式高压水除鳞,进行轧制,