



全国中等职业技术学校冶金专业教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO YEJIN ZHUANYE JIAOCAI

型钢生产工艺

XINGGANGSHENGCHANGONGYI



XINGGANG SHENGCHAN GONGYI
YEJIN ZHUANYE JIAOCAI



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校冶金专业教材

型钢生产工艺

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

型钢生产工艺/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校冶金专业教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 7912 - 6

I. 型… II. 人… III. 型钢-型材轧制-专业学校-教材 IV. TG335.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 085203 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京印刷集团有限责任公司印刷二厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订

787毫米×1092毫米 16开本 8.25印张 194千字

2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷

定价: 14.00 元

读者服务部电话: 010- 64929211

发行部电话: 010- 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

前 言

冶金工业是国民经济发展的重要基础工业。随着我国国民经济的高速发展,我国钢铁产量逐年增加,冶金工业现代化水平也不断提高。冶金企业对技术工人的知识水平和技能水平以及相关的职业教育和职业培训提出了更高、更新的要求。为更好地适应行业发展、满足中等职业技术学校的教学需求,我们根据原劳动和社会保障部培训就业司颁发的《冶金专业教学计划与教学大纲(2008)》,组织全国有关学校的一线教师及行业专家,编写了这套冶金专业教材。

在教材开发工作中,我们力求突出以下几个方面的特色:

第一,根据中等职业技术学校冶金专业学生就业岗位的实际需求,合理安排知识点和技能点,以“够用”“实用”为标准,摒弃“繁难偏旧”的理论知识,同时,注重工作能力的培养,满足企业对技能型人才的需求。

第二,在内容安排上,尽可能多地引入新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,淘汰陈旧过时的技术,反映行业发展趋势。同时,在教材编写过程中,严格执行国家相关技术标准的要求。

第三,在结构和表达方式方面,强调由浅入深、循序渐进,使用图片、实物照片、表格等多种表现形式,更加生动、直观地讲解相关知识和技能,提高学生的学习兴趣,力求使教材做到易教易学。

本次开发的教材涉及“炼铁”“炼钢”和“轧钢”三个专业方向,包括《冶金概论》《热工常识》《冶金仪表》《炼铁工艺》《炼铁设备》《炼钢原理》《转炉炼钢工艺及设备》《连铸设备及工艺》《轧钢原理》《轧钢机械设备》《型钢生产工艺》《热轧板带钢生产工艺》《冷轧板带钢生产工艺》。

本套教材可供中等职业技术学校冶金专业使用,也可作为职业培训教材。

本套教材的编写工作得到了辽宁、河北、江苏等省人力资源社会保障(劳动保障)厅及有关学校的大力支持,在此,我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年6月

内 容 简 介

本教材从型钢生产的基本知识展开,介绍了普通型钢、线材、冷弯型钢、H型钢等主要产品的生产工艺知识,以及孔型设计的基础知识,型钢产品的缺陷和轧制事故处理,新技术和发展趋势等。

本教材针对中等职业技术学校学生的认知特点和职业需求,深入浅出地讲解了其应知、应会的教学内容,在表现形式上,较多地使用了实物图片和表格等形式,使内容更加生动直观、通俗易懂。

本教材由黄炜主编,王大海、李怀成、曹敏、张恩生、雷党萍、张天艳参加编写。

《型钢生产工艺》参考学时

教学内容	学时
第一章 型钢生产概述	8
第二章 普通型钢生产	15
第三章 线材生产	16
第四章 冷弯型钢	6
第五章 H型钢生产	9
第六章 孔型设计基础知识	14
第七章 型钢产品的缺陷和轧制事故	6
第八章 型钢生产的发展趋势及新技术	6
总 计	80

目 录

第一章 型钢生产概述	(1)
第一节 型钢产品种类	(1)
第二节 型钢的生产方式	(8)
第三节 型钢轧机的布置	(12)
第四节 型钢的生产特点	(17)
第二章 普通型钢生产	(19)
第一节 大、中型型钢生产	(19)
第二节 小型型钢生产	(23)
第三节 轨梁生产	(27)
第三章 线材生产	(37)
第一节 线材的用途、分类、质量要求及生产特点	(37)
第二节 线材生产的工艺过程	(39)
第三节 线材车间的平面布置及生产工艺	(45)
第四节 高速无扭线材轧制	(50)
第五节 控制冷却和性能控制	(56)
第四章 冷弯型钢	(61)
第一节 冷弯型钢的生产特点	(61)
第二节 辊式冷弯成型机组的形式	(64)
第三节 冷弯成型基本知识	(69)
第五章 H 型钢生产	(71)
第一节 H 型钢的用途及发展	(71)
第二节 H 型钢的生产方式及特点	(72)
第三节 H 型钢的生产工艺过程	(76)
第六章 孔型设计基础知识	(78)
第一节 孔型设计的内容与要求	(78)
第二节 孔型的分类	(80)

第三节	孔型各部分的名称与作用	(82)
第四节	孔型在轧辊上的配置	(85)
第五节	常用的延伸孔型	(90)
第六节	简单断面孔型设计	(96)
第七章	型钢产品的缺陷和轧制事故	(103)
第一节	型钢产品的缺陷及其消除方法	(103)
第二节	型钢轧制事故的分析与消除方法	(111)
第八章	型钢生产的发展趋势及新技术	(115)
第一节	型钢生产的发展趋势	(115)
第二节	型钢生产的新技术	(120)

第一章

型钢生产概述

第一节 型钢产品种类

你知道吗?

常见的型钢产品可按大型、中型和小型进行分类，具体见表 1—1。

表 1—1

常见型钢产品的种类

mm

	大型	中型	小型
工字钢	高度大于等于 180	高度小于 180	
槽钢	高度大于等于 180	高度小于 180	
等边角钢	边宽大于等于 160	边宽为 50 ~ 140	边宽为 20 ~ 45
不等边角钢	边宽大于等于 160 × 100	边宽为 140 × 90 ~ 50 × 32	边宽小于等于 45 × 28
圆钢	直径大于等于 90	直径为 38 ~ 80	直径为 10 ~ 36
方钢	边宽大于等于 90	边宽为 50 ~ 75	边宽为 10 ~ 25
扁钢	边宽大于等于 120	边宽为 60 ~ 100	边宽为 12 ~ 55
螺纹钢		直径大于等于 40	直径为 10 ~ 36
铆钉钢			直径为 10 ~ 22

型钢品种繁多，并且同一断面的型钢往往又有不同规格型号，广泛用于国防、机械制造、铁路、桥梁、矿山、船舶制造、建筑、农业及民用等各个部门，如导弹的零件、铁道的钢轨、高压线塔、桥梁的主体结构等，就是型钢在各行业中的应用案例，如图 1—1 所示。

我国是发展中国家，随着国民经济发展的需要与轧钢技术的提高，许多原有的型钢品种不断改进，新的型钢品种也不断增加，以前很多必须用锻压、冲压或机械制造加工方法生产的品种，现在能以轧制的方法取而代之。因此，轧制产品的种类和生产技术也同样在一定程度上反映了一个国家冶金工业的发展水平。

型钢的品种很多，可分别按其断面形状、生产特点及生产方式进行分类。

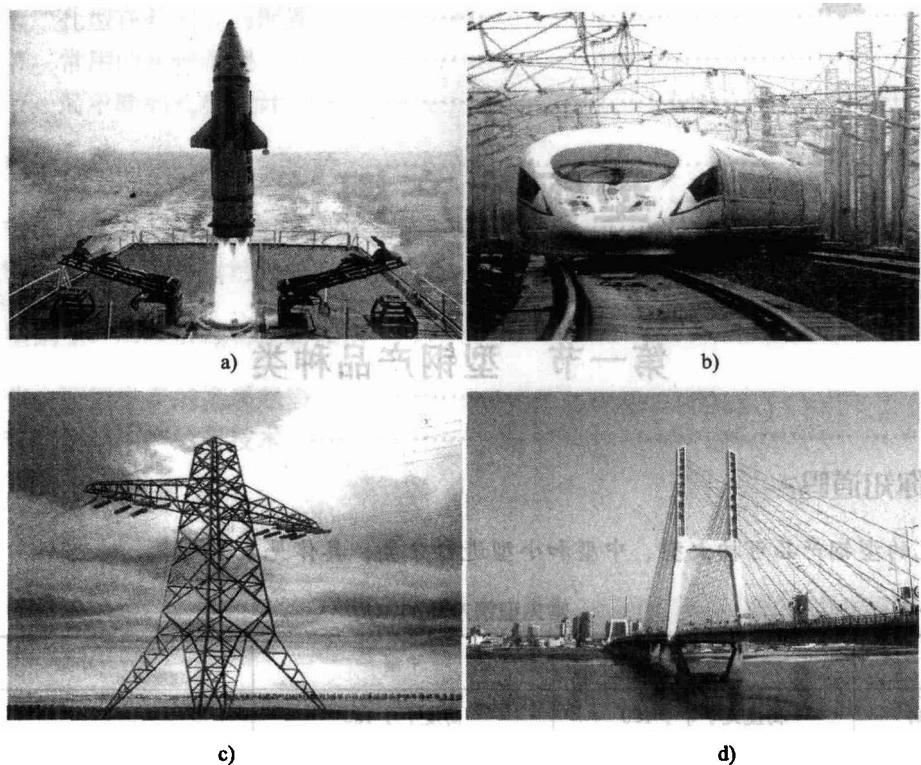


图 1—1 型钢在各行业中的应用

a) 导弹的零件 b) 铁道的钢轨 c) 高压线塔 d) 桥梁的主体结构

一、按断面形状分类

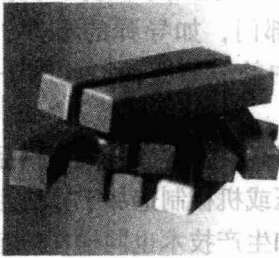
按其断面形状不同, 型钢可分为简单断面型钢 (如方钢、圆钢、扁钢、角钢等) 和复杂断面型钢 (如槽钢、工字钢、钢轨等)。

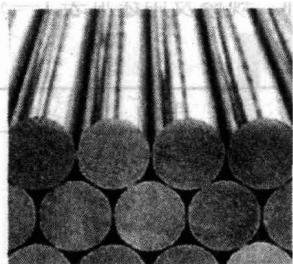
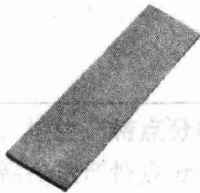
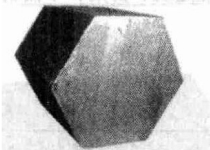
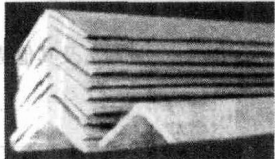
1. 简单断面型钢

简单断面型钢的品种、规格及用途见表 1—2。

表 1—2

简单断面型钢的品种、规格及用途

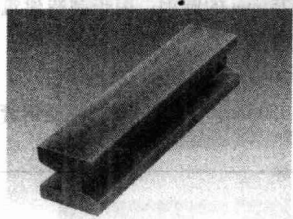
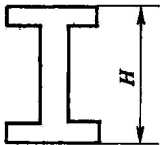
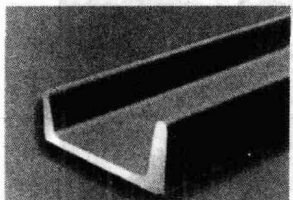
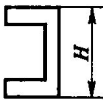
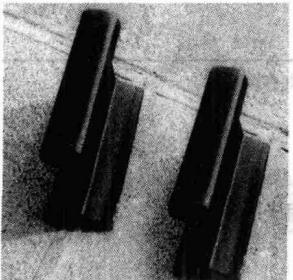
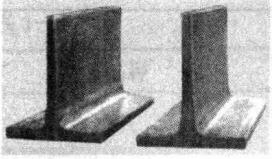
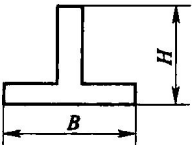
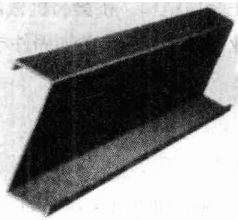
品种	规格	用途
 方钢 (断面形状为正方形)	其规格以断面边长尺寸的大小来表示。边长一般为 5 ~ 250 mm, 个别情况还有更大些的	用于制造各种设备的零部件、铁路用的道钉等

品种	规格	用途
 圆钢 (断面形状为圆形)	其规格以断面直径的大小来表示。 圆钢的直径一般为 5 ~ 200 mm, 在特殊情况下可达 350 mm	不同直径的圆钢用途不同, 其中: 5.5 ~ 9 mm 的圆钢 (线材): 用于拔制钢丝, 制造钢丝绳、金属网、电焊条焊芯、弹簧、钉子等 10 ~ 25 mm 的圆钢: 用于制造建筑钢筋、螺栓等 30 ~ 200 mm 的圆钢: 机械零件 50 ~ 350 mm 的圆钢: 作为无缝钢管的坯料
 扁钢 (断面形状为矩形)	其规格以厚度和宽度来表示。通常轧制的扁钢厚度为 4 ~ 60 mm, 宽度为 10 ~ 200 mm	多做薄板坯和焊管坯, 还用于机械制造业
 六角钢 (断面形状为六边形)	其规格以六边形内接圆的直径尺寸来表示。通常轧制的六角钢内接圆直径为 7 ~ 80 mm	多用于制造螺母和工具
 三角钢、弓形钢和椭圆钢	三角钢的规格用边长尺寸来表示, 一般为 9 ~ 30 mm 弓形钢的规格用其高度和宽度来表示, 一般高度为 5 ~ 12 mm, 宽度为 15 ~ 20 mm 椭圆钢的规格用其长轴和短轴尺寸来表示, 其长轴为 10 ~ 26 mm, 短轴为 4 ~ 10 mm	多用于制作锉刀
 等边角钢  不等边角钢	等边角钢的规格用其边长与边厚尺寸来表示。一般边长为 20 ~ 200 mm, 边厚为 3 ~ 20 mm 不等边角钢的规格分别以长边和短边的边长来表示, 最小规格的长边为 25 mm, 短边为 16 mm; 最大规格的长边为 200 mm, 短边为 125 mm	多用于金属结构、桥梁、机械制造和造船工业, 常作为结构的加固件

2. 复杂断面型钢

复杂断面型钢又分为异型断面型钢和周期断面型钢。异型断面型钢包括工字钢、槽钢、H型钢、钢轨、Z字钢、T字钢和鱼尾板等。常见复杂断面型钢的品种、规格及用途见表1—3。

表1—3 复杂断面型钢的品种、规格及用途

品种	规格	用途
 工字钢	工字钢的规格用其高度尺寸来表示。一般的工字钢的型号为10~63, 即高度等于100~630 mm。特殊的高度可达1 000 mm 	用于建筑业或其他金属结构中
 槽钢	槽钢的规格用其高度尺寸来表示。一般槽钢的型号为5~40, 即高度等于50~400 mm 	用于工业建筑、桥梁和车辆制造等
 钢轨	钢轨的断面形状与工字钢相类似, 所不同的是其断面形状不对称。钢轨的规格用其每米长度的质量来表示。普通钢轨的质量范围是5~75 kg/m, 通常在24 kg/m以下的称为轻轨, 在此以上的称为重轨	用于制造铁路用轨、电车用轨和起重机械用轨等, 也可用于制造工业结构部件
 T字钢	分为腿部和腰部两部分, 其规格以腿部宽度和腰部高度来表示 	用于金属结构、飞机制造及其他特殊用途
 Z字钢	分为腿部和腰部两部分, 其规格用其腰部高度来表示	用于制造铁路车辆、工业建筑和农业机械

周期断面型钢包括螺纹钢、竹节钢、犁铧钢、肋骨钢和横轧变断面轴等，如图 1—2 所示。

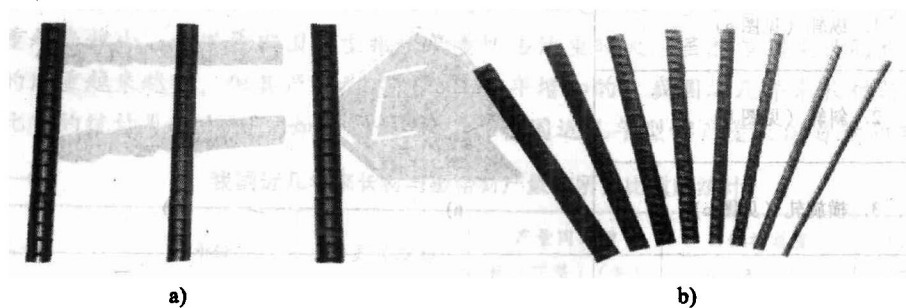


图 1—2 周期断面型钢

a) 竹节钢 b) 螺纹钢

二、按生产特点分类

型钢按生产特点分类的方法见表 1—4。

表 1—4

型钢按生产特点分类的方法

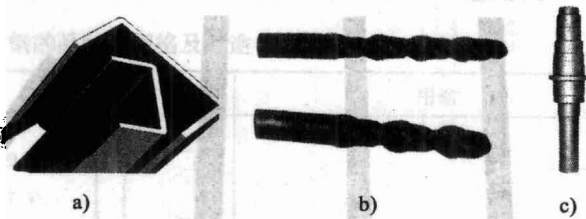
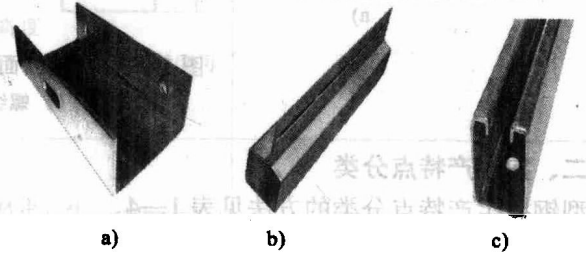
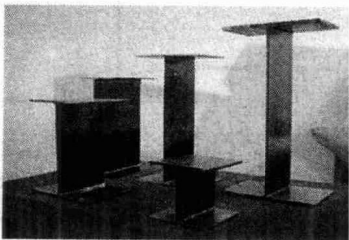
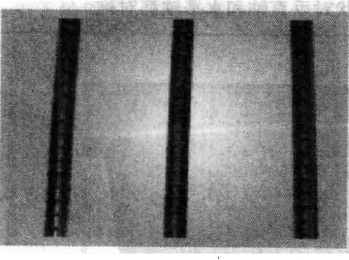
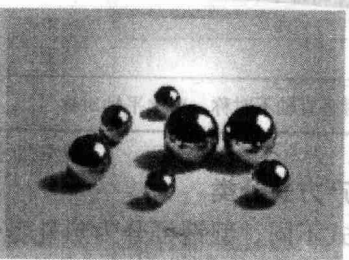
断面形状对垂直轴和水平轴都对称	断面形状对垂直轴对称，对水平轴不对称
断面形状对垂直轴不对称，对水平轴对称	断面形状对垂直轴和水平轴都不对称

三、按生产方式分类

按生产方式不同，型钢可分为热轧型钢、冷弯型钢、焊接型钢和用特殊轧法生产的型钢，其方法见表 1—5。

表 1—5

型钢按生产方式分类的方法

生产方式	分类	产品图示
热轧型钢	1. 纵轧 (见图 a)	
	2. 斜轧 (见图 b)	
	3. 横旋轧 (见图 c)	
冷弯型钢	1. 开口型 (见图 a)	
	2. 闭口型 (见图 b)	
	3. 半闭口型 (见图 c)	
焊接型钢	自动埋弧焊	
	高频焊 (多用, 其生产率高)	
用特殊轧法生产的型钢	周期断面型钢	
	特殊断面型钢	

■ 你知道吗?

世界各国型钢生产量占钢材比重各自不同,工业发达国家型钢生产的总趋势是占钢材总量的比重越来越小,而发展中国家型钢的产量所占比重较大。虽然型钢生产的总趋势是占钢材总量的比重越来越小,但其产量和品种却是逐年增加的。我国近几年来长材与板带材产量与所占比重的统计见表1—6。如图1—3所示为我国近几年型钢产量及消费量的变化。

表1—6 我国近几年来长材与板带材产量与所占比重的统计

品种	年份	产量(万t)	产量同比增长(下降)(%)	占钢材总量的比重(%)	比重同比增长(下降)(%)
长材(盘条,钢筋,中、小型型钢和棒材的总称)	2004	15 916.01	增长20.04	53.55	下降1.45
	2005	18 313.0	增长19.8	49.3	下降1.8
	2006	22 796.7	增长19.4	48.8	下降2.1
板带材	2004	10 915.78	增长27.01	36.72	增加1.55
	2005	14 313.6	增长32.1	38.6	增加2.4
	2006	19 504.49	增长31.6	41.8	增加2.3

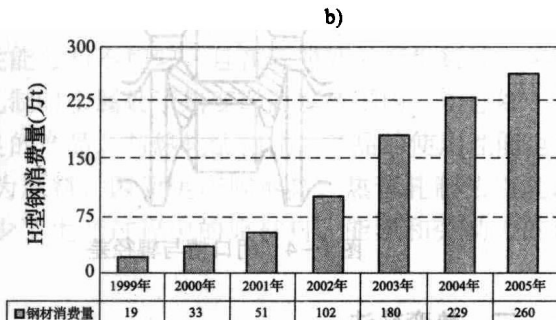
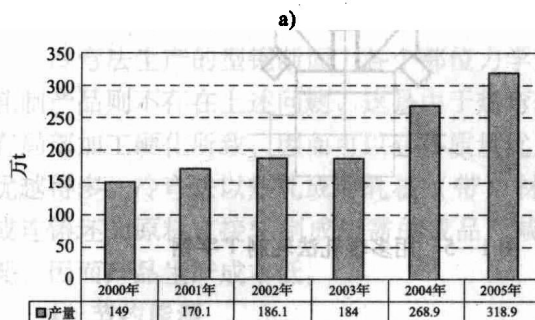
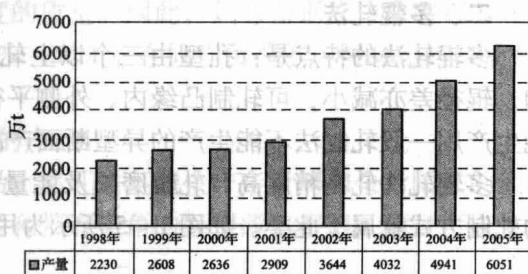
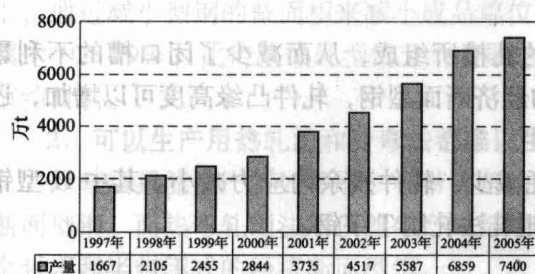


图1—3 我国近几年型钢产量及消费量的变化

a) 1997—2005 年国内钢筋产量变化 b) 1998—2005 年国内线材产量变化

c) 2000—2005 年国内铁道用钢材产量变化 d) 1999—2005 年国内 H 型钢(热轧)表观消费量变化

■ 思考与练习

1. 试举例说明生产中常用的复杂断面型钢。

2. 按生产方式如何对型钢进行分类?

第二节 型钢的生产方式

热轧型钢具有生产规模大、效率高、能耗少和成本低等特点,因此热轧型钢是目前主要的生产方式。型钢的轧制方式有以下几种:

一、普通轧法

普通轧法是指一般在二辊或三辊轧机上进行的普通轧制方法,其孔型由两个轧辊的轧槽所组成,可生产一般的简单断面、异型断面和纵轧周期断面型钢。这种轧法所用设备简单,目前大多数型钢轧机仍然采用。但当轧制异型断面产品时,不可避免地要使用闭口槽,此时轧槽各个部分存在明显的辊径差,如图 1—4 所示,因此无法轧制凸缘内、外侧平行的经济断面型钢。而且轧辊直径还限制着所轧型钢的凸缘高度,辊身限制着可轧的轧件高度。因此,很难轧制 60 号以上的工字钢和大型钢桩等。

另外,由于辊径差及不均匀变形的存在,引起孔型内部各部分金属相对附加流动,从而使轧制能耗增加,孔型磨损加速,且成品内部产生较大的残余应力,影响轧材质量。

二、多辊轧法

多辊轧法的特点是:孔型由三个以上轧辊的轧槽所组成,从而减少了闭口槽的不利影响,辊径差亦减小,可轧制凸缘内、外侧平行的经济断面型钢,轧件凸缘高度可以增加,还能生产用一般轧制法不能生产的异型断面产品。

多辊轧法轧制精度高,轧辊磨损及能量消耗减少,轧件残余内应力减小。其中 H 型钢的轧制方式就属于此类。如图 1—5 所示为用多辊轧法轧制 T 字钢。

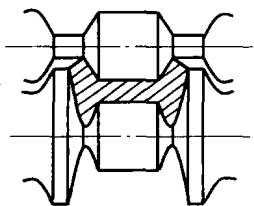


图 1—4 闭口槽与辊径差

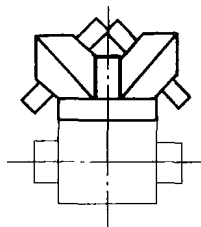


图 1—5 用多辊轧法轧制 T 字钢

三、热弯轧法

热弯轧法大体分为两部分进行,前一部分是将坯料轧成扁带式接近成品断面的形状,后一部分是在后继孔型中趁热弯曲成型。其生产过程可在一般轧机或纵列水平辊—立辊轧机上完成,并且可以轧制用一般方法得不到的弯折断面型钢。如图 1—6 所示为热弯型钢成型过程。

具体工艺过程为:将钢坯(方坯或扁坯)在加热炉中加热到 $1150 \sim 1200^{\circ}\text{C}$,送至普通热轧机或热连轧机上先轧成矩形断面的带坯,然后在刚度高的精轧机上采用切槽深度不

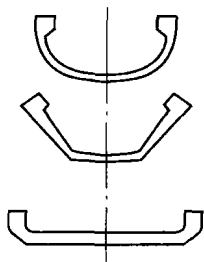


图 1—6 热弯型钢成型过程

大的孔型经 2~3 道次将带坯轧成所需的异型带钢。为使异型带钢的两个侧边得到加工并确保其宽度精度，多采用类似万能轧机的四辊机架将轧件从垂直和水平两个方向压下，并借以防止薄轧件横向弯曲。异型带钢从精轧机轧出后，用飞剪切头并切成定尺或倍尺长度。最后用辊道把剪切后的定尺或倍尺异型带钢送至由几个单独传动机架组成的连续热弯成型机组进行连续热弯成型，从而将异型断面的带钢逐渐弯曲成所要求尺寸和形状的热弯型钢。

一般在热弯成型过程中，轧件断面没有被压下，只承受弯曲变形，只是在个别机架对轧件断面上的一些特殊部位施加较大的压下量，以实现热弯成型。热弯成型的温度范围为 800~950℃。热弯成型后的轧件再被送至矫直机矫直。在从成型机至矫直机的输送槽中设有喷水装置，将轧件冷却到矫直温度。冷却速度是可调的，这不仅可以加速成品钢材的冷却，同时在必要时也可以对成品进行轧后热处理，使钢材强化。矫直后的成品薄壁型钢被锯切成定尺长度，经检查和包装后入库。

热弯轧制的特点如下：

1. 节约金属材料

热弯轧制可以采用沿横断面上各部分厚度不同的坯料生产各部分厚度不同的热弯型钢，以使成品断面上的金属分配更为合理，从而可以在保持强度性能不变甚至略有提高的情况下，通过减小型钢的截面积来减小成品单位长度的质量。因此，热弯型钢比冷弯型钢节约金属达 7%~9%；比传统热轧型钢节约金属达 37%~59%。在同样负荷下，可减轻构件质量，节约材料。

2. 可以生产用热轧法和冷弯法都难以生产的产品

冷弯法只能生产各处等厚、不带尖角的产品。热轧法不能生产半封闭和全封闭式的经济断面型钢。而热弯轧制法不仅能生产局部加厚的和带有尖角的轻型薄壁型钢，而且可以生产全封闭和半封闭式的经济断面型钢。

3. 产品性能高，生产成本低

冷弯法生产的型钢断面上各个部位力学性能分布不均匀，且在弯曲处易产生裂纹；热弯轧制产品则不存在上述问题，这是由于热弯轧制时金属处于热变形温度范围内，塑性好，没有局部加工硬化所致，因而可以获得质量优良的产品。与热轧法相比，产品的使用性能也要优越得多。冷弯法以热轧或冷轧板（带）材为原料，因而生产成本低；热弯轧制法以轧坯或连铸坯为原料直接轧制成所需的成品，减少了生产过程中的原材料、能源和劳动力的消耗，因而产品生产成本低。

4. 节约能源

由于用钢坯直接生产热弯型钢，与由钢坯先轧成板带再冷弯成型相比，减少了板带轧制的中间环节，因而减少了中间环节加热过程中的燃料消耗和冷、热轧过程中电能的消耗。

除此之外，热弯轧制时金属的变形抗力比冷弯时小得多，这也是热弯轧制过程中节约电能的原因之一。因此热弯轧制具有显著的节能效果。

四、热轧—纵剖轧法

热轧—纵剖轧法的生产原理是：将较难轧的非对称断面产品先设计成对称断面，或将小断面产品设计成并联形式的大断面产品，以提高轧机的生产能力，然后在轧机上或冷却后用

圆盘剪进行纵剖。例如，生产 T 型钢时，可以先生产出 H 型钢，然后用圆盘剪纵剖，便可得到两根 T 型钢，如图 1—7 所示。

五、热轧—冷拔（冷轧）法

用热轧—冷拔（冷轧）法可以生产高精度型钢，这种冷拔型钢的力学性能和表面质量均高于一般热轧型钢，精度可达 IT3 ~ IT4 级，表面粗糙度 R_a 值为 $6.3 \sim 1.6 \mu\text{m}$ ，可直接用于生产各种机械零件，如图 1—8 所示。另外，这种方式可提高工效，减少金属消耗，特别适用于用改造旧式轧机的方法进行小批量多品种的生产。

其生产过程是：先热轧成型，并留有冷加工余量，然后经过酸洗、碱洗、水洗、涂润滑剂后再冷拔（轧）成材。

六、热冷弯成型法

热冷弯成型法是指以热轧和冷轧板带钢为原料，使其通过带有一定槽型而又回转的轧辊，使板带钢承受横向弯曲变形而获得所需断面形状的钢材。如图 1—9 所示为冷弯型钢生产设备。

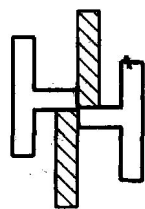


图 1—7 用热轧—纵剖轧法生产 T 型钢

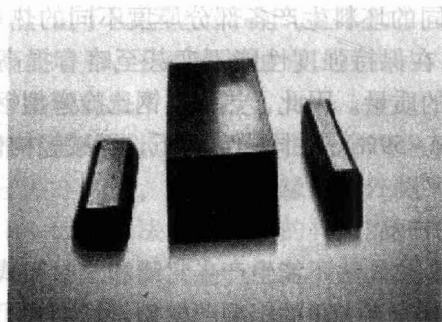


图 1—8 冷拔型钢

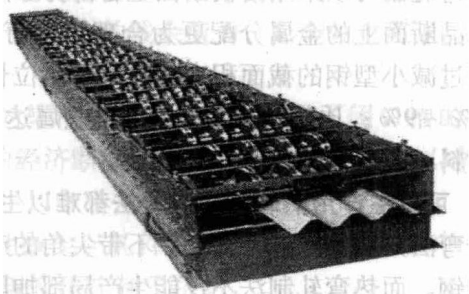


图 1—9 冷弯型钢生产设备

冷弯型钢是一种经济截面轻型薄壁钢材，也称为钢制冷弯型材或冷弯型材。它是以热轧或冷轧带钢为坯料经弯曲成型制成的各种截面形状和尺寸的型钢。冷弯型钢具有以下特点：

1. 截面经济合理，节省材料。冷弯型钢的截面形状可以根据需要设计，结构合理，单位质量的截面系数高于热轧型钢。在同样负荷下，可减轻构件质量，节约材料。冷弯型钢用于建筑结构可比热轧型钢节约金属达 38% ~ 50%，用于农业机械和车辆可节约金属达 15% ~ 60%。便于施工，可降低综合费用。

2. 品种繁多，可以生产用一般热轧方法难以生产的壁厚均匀、截面形状复杂的各种型材和各种不同材质的冷弯型钢。

3. 产品表面光洁，外观好，尺寸精确，而且长度也可以根据需要灵活调整，全部按定尺或倍尺供应，提高材料的利用率。

4. 生产中还可与冲孔等工序相配合，以满足不同的需要。

冷弯型钢品种繁多，从截面形状分，有开口的、半闭口和闭口的，主要产品有冷弯槽钢、角钢、Z 型钢、冷弯波形钢板、方管、矩形管、电焊异型钢管和卷帘门等，各种断面形状的冷弯型钢如图 1—10 所示。通常生产的冷弯型钢的厚度在 6 mm 以下，宽度在 500 mm 以下。产品广泛用于矿山、建筑、农业机械、交通运输、桥梁、石油化工、轻工、电子等行业。