



“十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列

轧制技术基础

Rolling Technology Basis

- 霍晓阳 主 编
- 杨 林 副主编

哈尔滨工业大学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列

轧制技术基础

霍晓阳 主 编
杨 林 副主编

哈爾濱工業大學出版社

内容提要

本书内容主要包括:轧制工艺基础,轧制理论基础,型材生产,棒线材生产,板带钢的生产,钢管的生产和特种轧制技术7部分。轧制技术是一门综合性极强的技术,它以塑性加工力学、材料加工金属学、材料加工摩擦学为基础,以钢铁产品轧制生产流程为主线,研究各类钢型材的生产工艺。

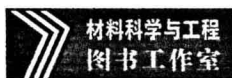
本书可作为材料成型与控制工程专业及材料科学与工程专业本科生教材,也可作为相关专业技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

轧制技术基础/霍晓阳主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2013.10
(材料科学研究与工程技术系列)
ISBN 978-7-5603-4105-7

I. ①轧… II. ①霍… III. ①轧制-高等学校-教材 IV. ①TG33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 122252 号



责任编辑 张秀华
封面设计 卞秉利
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 323 千字
版 次 2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-4105-7
定 价 28.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

钢铁材料用途广泛,在国民经济建设中起着举足轻重的作用,钢铁生产水平是衡量一个国家经济实力、国防实力的重要标志。2010年我国钢产量达到世界钢铁总产量的45%,已成为世界钢铁大国,90%以上的钢铁制品需经过轧制成型。近年来,高精度轧制技术、无头轧制技术、控轧控冷技术,以及轧制过程的自动控制和智能控制技术等迅速发展,轧制技术已成为复杂的系统工程。

轧制技术是一门综合性极强的技术,它以塑性加工力学、材料加工金属学、材料加工摩擦学为基础,以钢铁产品轧制生产流程为主线,研究各类钢型材的生产工艺。本书内容主要包括:轧制工艺基础,轧制理论基础,型材生产,棒线材生产,板带钢的生产,钢管的生产和特种轧制技术7部分。

通过对“轧制技术基础”课程的学习,可以掌握各类钢型材的生产工艺过程、工艺规律,了解国内外轧钢生产新的学术思想、新工艺、新技术,具有制定工艺规程、组织轧钢生产工艺过程的初步能力。本课程的实践性较强,通过生产实习、工艺实验、课程设计等实践活动,可以对本课程有更加深入的理解。

全书霍晓阳任主编,杨林任副主编。第1~4章由河南理工大学霍晓阳编写,第5、6章由辽宁石油化工大学杨林编写,第7章由辽宁石油化工大学闫伟编写。

本书可作为材料成型与控制工程专业及材料科学与工程专业本科生教材,也可作为相关专业技术人员的参考书。

由于编者水平有限,书中定有缺欠和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者
2013年6月

目 录

第1章 轧制工艺基础	1
1.1 轧材的种类及用途	1
1.2 产品标准和技术要求	5
1.3 轧材生产方法	6
1.4 轧制工艺流程	7
1.4.1 原料的准备	9
1.4.2 原料的加热	11
1.4.3 轧制制度的确定	15
1.4.4 钢材轧后冷却与精整	18
1.4.5 钢材质量的检查	19
复习题	20
第2章 轧制理论基础	21
2.1 轧制过程的基本概念	21
2.1.1 变形区主要参数	21
2.1.2 轧制变形的表示方法	24
2.2 轧制过程的建立	25
2.2.1 咬入条件	26
2.2.2 稳定轧制条件	27
2.2.3 最大压下量的计算方法	28
2.2.4 改善咬入条件的途径	29
2.3 轧制过程中金属的变形规律	30
2.3.1 横向变形——宽展	30
2.3.2 纵向变形——前滑和后滑	40
2.4 轧制压力及轧制力矩的计算	48
2.4.1 轧制单位压力理论	48
2.4.2 轧制压力的工程计算	54
2.4.3 轧制力矩及功率	61
2.5 连续轧制理论	69
2.5.1 连续轧制常数	69
2.5.2 连续轧制中的前滑	70
2.5.3 连续轧制中的堆拉系数	71
复习题	72

第3章 型材生产	74
3.1 型材特点	74
3.2 型材分类及典型产品	75
3.2.1 型材分类及用途	75
3.2.2 典型产品	75
3.3 型材轧制工艺	81
3.3.1 型材开坯	81
3.3.2 型材加热、轧制	81
3.3.3 型材精整	82
3.4 型材轧机分类及典型布置形式	82
3.4.1 型材轧机分类	82
3.4.2 型材轧机的典型布置形式	83
3.5 型材生产新技术	85
3.5.1 连铸异型坯	85
3.5.2 在线控轧控冷和余热淬火	85
3.5.3 热弯型钢	85
3.5.4 H型钢生产新技术	86
3.5.5 长尺冷却和长尺矫直	86
复习题	86
第4章 棒线材生产	87
4.1 棒线材品种及用途	87
4.1.1 棒线材品种及分类	87
4.1.2 棒线材的用途	87
4.2 棒线材生产工艺	88
4.2.1 棒线材开坯	88
4.2.2 棒线材加热和轧制	88
4.2.3 棒线材冷却和精整	89
4.3 棒线材轧机的布置形式及轧机类型	89
4.3.1 棒线材轧机类型	89
4.3.2 棒线材轧机的布置形式	90
4.4 棒线材的控制轧制及控制冷却和余热淬火	94
4.4.1 控制轧制	94
4.4.2 控制冷却和余热淬火	94
4.5 棒线材轧制的发展方向	100
4.5.1 连轧坯热装热送及连铸连轧技术	100
4.5.2 提高轧制速度	101
4.5.3 低温轧制	101
4.5.4 无头轧制	101

4.5.5	切分轧制	102
4.5.6	棒材轧后热芯回火工艺	102
	复习题	103
第5章	板带钢的生产	104
5.1	概 述	104
5.1.1	板带钢的种类和用途	104
5.1.2	板带钢生产的技术要求	104
5.1.3	板带钢的生产特点	105
5.2	中厚板的生产	106
5.2.1	中厚板生产的发展	106
5.2.2	中厚板轧机种类	107
5.2.3	中厚板轧机的布置	109
5.2.4	中厚板生产工艺	110
5.3	热轧带钢的生产	116
5.3.1	原料准备	116
5.3.2	加热	117
5.3.3	轧制	117
5.3.4	冷却和卷取	121
5.3.5	精整	122
5.3.6	典型热轧带钢车间平面图	123
5.3.7	热轧带钢的其他生产方式	124
5.4	冷轧带钢的生产	126
5.4.1	冷轧带钢的要求和用途	126
5.4.2	冷轧带钢的生产工艺特点	127
5.4.3	冷轧带钢生产工艺过程和设备	130
5.5	板厚控制	142
5.5.1	板厚产生变化的原因	142
5.5.2	板厚控制原理	143
5.5.3	板厚自动控制系统 AGC	144
5.6	板形控制	147
5.6.1	板形及板形缺陷	147
5.6.2	板形缺陷的成因	147
5.6.3	板形控制技术	148
	复习题	149
第6章	钢管的生产	151
6.1	概 述	151
6.2	热轧无缝钢管生产	153
6.2.1	坯料制备	154

6.2.2	坯料加热	155
6.2.3	管坯穿孔	159
6.2.4	毛管轧制	162
6.2.5	钢管的精轧	165
6.2.6	钢管的冷却和精整	166
6.3	钢管的冷加工	168
6.3.1	钢管的冷轧冷拔工艺流程	168
6.3.2	钢管的冷轧	169
6.3.3	钢管的冷拔	171
6.3.4	冷旋压	173
6.4	焊管生产	174
6.4.1	连续炉焊钢管生产	174
6.4.2	高频焊管生产	176
6.4.3	UOE 直缝焊管法	179
6.4.4	螺旋焊管法	181
	复习题	182
第7章	特种轧制技术	184
7.1	多辊轧制	186
7.1.1	多辊轧机	186
7.1.2	森吉米尔轧机	186
7.2	辊 锻	189
7.2.1	辊锻原理和分类	189
7.2.2	辊锻机	190
7.3	楔横轧	197
7.3.1	楔横轧原理	197
7.3.2	楔横轧机	198
7.4	盘环件轧制	200
7.4.1	轧环原理	201
7.4.2	轧环机	201
7.5	旋 压	206
7.5.1	旋压的原理、分类和特点	207
7.5.2	旋压机	208
	复习题	212
	参考文献	213

第1章 轧制工艺基础

金属压力加工是对具有塑性的金属施加外力作用使其产生塑性变形,改变金属的形状、尺寸和性能而获得所要求的产品的一种加工方法。金属压力加工的主要方法包括轧制、锻造、冲压、拉拔和挤压等。轧制是金属压力加工中使用最广泛的方法,采用轧制方法生产的金属制品称为轧材。

1.1 轧材的种类及用途

轧材在国民经济建设中广泛应用,其品种规格已达数万种之多。按金属与合金种类的不同,金属轧材分为钢材以及铜、铝、钛等有色金属与合金轧材;按断面形状尺寸的不同,轧材又分为型材、线材、板材、带材、管材及特殊品种轧材等。

1. 按化学成分分类

轧材中钢材的应用最为广泛,按化学成分的不同可分为碳素钢材和合金钢材。

(1) 碳素钢材

碳素钢材的分类方法有多种,其中按用途分为碳素结构钢材和碳素工具钢材。普通碳素结构钢材的牌号以钢的屈服强度表示,例如 Q235 表示该钢的屈服强度为 235 MPa。优质碳素钢材的牌号用平均碳质量分数的万分数的数字表示,例如 45 钢即表示碳的质量分数约为 0.45% 的钢。碳素工具钢牌号用平均碳质量分数的千分数的数字表示,数字之前冠以“T”,例如 T9 表示碳质量分数为 0.9% 的碳素工具钢。

(2) 合金钢材

合金钢材通常是按用途分类,分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢。合金结构钢编号方法是:前两位数字表示平均碳质量分数为万分之几,元素符号后面的数字表示该元素平均质量分数为百分之几。例如,18G2Ni4WA 表示平均成分为 $w(C) = 0.18\%$, $w(Cr) = 2\%$, $w(Ni) = 4\%$, $w(W) < 1.5\%$ 。合金结构钢中的滚动轴承钢编号例外,在钢号前加“G”,其后数字表示平均铬质量分数为千分之几,而平均碳质量分数大于等于 1.0% 时不标出,例如 GCr15 钢中铬的质量分数为 1.5%。合金工具钢编号方法是前一位数字表示平均碳质量分数为千分之几。当平均碳质量分数大于 1.0% 时,钢号中不标出数字,元素符号后面的数字为该元素平均质量分数为百分之几,例如,9SiCr 表示平均成分为 $w(C) = 0.9\%$, $w(Si) < 1.5\%$, $w(Cr) < 1.5\%$;CrWMn 表示平均成分为 $w(C) > 1.0\%$, $w(Cr) < 1.5\%$, $w(W) < 1.5\%$, $w(Mn) < 1.5\%$ 。

在有色金属及合金的轧材中,应用较为广泛的是铝、铜、钛等有色金属及其合金的轧材,主要应用于机械、电器、航空航天、汽车制造等领域。

① 铝合金。纯铝的强度和硬度低,不适于制造受力的机械零件,可通过加入合金元素制成铝合金,提高性能。一般轧制变形铝及铝合金可分为铝(L)、硬铝合金(LY)、超硬

铝合金(LC)、防锈铝合金(LF)、锻铝合金(LD)及特殊铝合金(LT)等;铝合金也可按热处理特点不同分为可热处理强化的铝合金和不可热处理强化的铝合金两大类。铝合金的体积质量很小,采用各种强化手段后,铝合金的强度可以接近低合金高强度钢,因此其比强度(强度与体积质量之比)比一般的高强度钢高得多。

② 铜合金。铜及其合金一般可分为紫铜、普通黄铜、特殊黄铜、白铜及青铜等。工业纯铜称为紫铜;只含锌不含其他合金元素的黄铜称为普通黄铜;除锌以外,再加入Al、Mn、Pb、Si和Ni等合金元素的黄铜称为特殊黄铜;铜镍合金称为白铜;将黄铜和白铜以外的所有铜合金称为青铜。它们具有很好的导电、导热、耐蚀及可焊等性能。

③ 钛合金。钛及钛合金的机械性能和耐蚀性能高,比强度和比刚度都很大。常用于制造航空发动机压气机盘和叶片等部件。

2. 按断面形状分类

根据轧材形状特征的不同,可归纳为型材、线材、板材、带材、管材等品种。

(1) 型材

型材的品种繁多,主要用轧制方法生产,型钢一般占钢材总量的30%~35%。常用有色金属及其合金因其熔点和变形抗力较低,对尺寸和表面要求较严,故绝大多数采用挤压方法生产;而生产批量较大,尺寸和表面要求较低的中小规格棒材、线坯和简单断面型线材时,采用轧制方法。

型材按应用范围可分为常用型材(方钢、圆钢、扁钢、角钢、槽钢和工字钢、H型钢等)及专用型材(钢轨、T字钢、球扁钢、窗框钢等);型材按断面形状可分为简单断面型钢和复杂断面型钢;按其生产方法还可分为轧制型钢、弯曲型钢、焊接型钢等。

通常型材按其断面形状分类如下:

① 简单断面型钢。简单断面型钢大致包括圆钢、方钢、扁钢、角钢等,如图1.1所示。

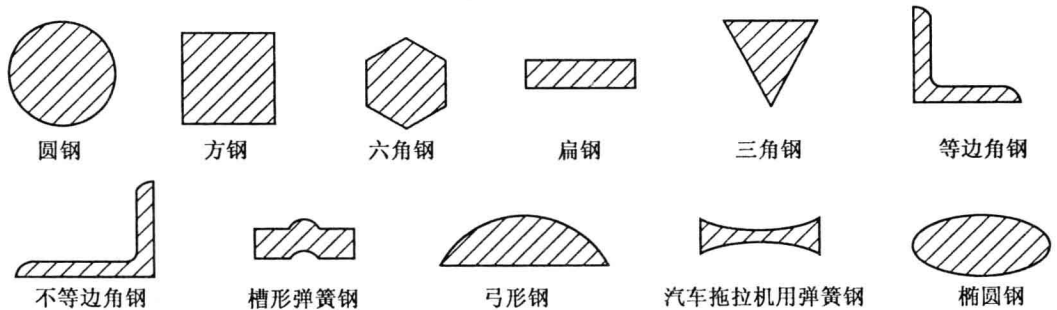


图 1.1 简单断面型钢

圆钢 断面形状为圆形的钢材称为圆钢,其规格以断面直径来表示。圆钢的直径一般为5~200 mm,初轧机轧制的直径可达350 mm。直径为5.5~9 mm的小圆钢,用于拔制钢丝、制造钢丝绳、钢索、钉子、焊条芯线、弹簧、辐条等;直径为10~25 mm的圆钢,是常用的建筑钢筋,也用以制作螺栓等零件;直径为30~200 mm的圆钢用来制造机械上的零件;直径50~350 mm的圆钢可用作无缝钢管的坯料。

方钢 断面形状为正方形的钢材称为方钢,其规格以断面边长的尺寸来表示。通常轧制的方钢边长为4~250 mm,个别情况还有更大些的。方钢可用来制造各种设备的零

部件、铁路用的道钉等。

六角钢 其规格以六角形内接圆的直径尺寸来表示,通常轧制六角钢的内接圆直径为7 ~ 80 mm,多用于制造螺母。

扁钢 断面形状为矩形的钢材称为扁钢,其规格以厚度和宽度来表示。通常轧制的扁钢厚度为3 ~ 60mm,宽度为10 ~ 240mm。扁钢可作为板簧、机械零件、钢框架、农具、刀具、薄板,焊管等的坯料。

三角钢、弓形钢和椭圆钢 这些断面的钢材多用于制作锉刀。三角钢的规格用边长尺寸表示,通常轧制的三角钢边长为9 ~ 30 mm。弓形钢的规格用其高度和宽度表示,一般的弓形钢高度为5 ~ 12 mm,宽度为15 ~ 20 mm。椭圆钢规格用长、短轴尺寸来表示,其长轴长为10 ~ 26 mm,短轴长为4 ~ 10 mm。

角钢 有等边、不等边角钢两种,其规格以边长与边厚尺寸表示。常用等边角钢的边长为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表示,最小规格的不等边角钢长边为25 mm,短边为16 mm;最大规格的不等边角钢长边为200 mm,短边为125 mm。角钢多用于金属结构、桥梁、机械制造和造船工业,常为结构体的加固件。

② 复杂断面型钢。复杂断面型钢经常轧制的品种有槽钢、工字钢、钢轨等,如图1.2所示。

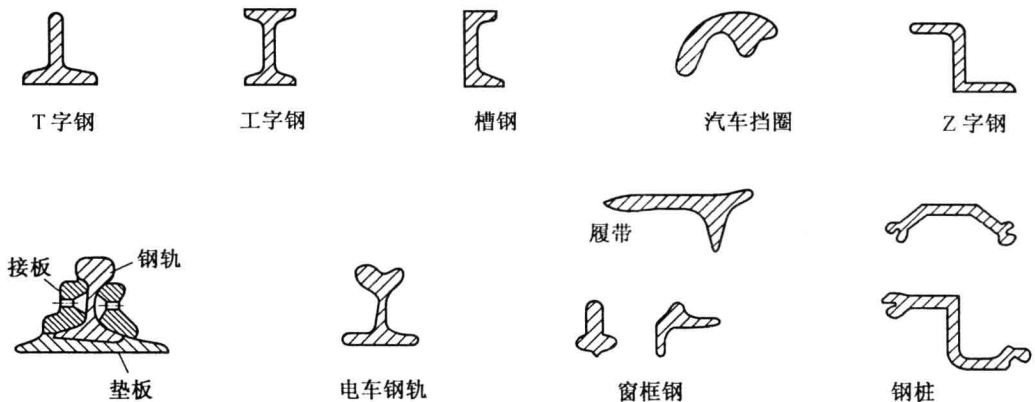


图1.2 复杂断面型钢

槽钢 其规格以高度尺寸表示,一般的槽钢标有No5 ~ 40,即高度等于50 ~ 400 mm。槽钢应用于工业建筑、桥梁和车辆制造等。

工字钢 工字钢规格以高度尺寸表示,一般的工字钢标有No10 ~ 63,即高度等于100 ~ 630 mm。特殊的高度可达1 000 mm。工字钢广泛应用于建筑用梁、地下构件等。

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。钢轨规格以每米长的质量来表示。钢轨可分为轻轨与重轨。钢轨主要用于铁路用轨、电车用轨、起重管用轨等,也可用于工业结构部件。

T字钢 T字钢分腿部和腰部两部分,其规格以腿部宽度和腰部高度表示,广泛用于金属结构、飞机制造及其他特殊用途。

Z 字钢 Z 字钢也分为腿部和腰部两部分,其规格是以腰部高度表示,广泛应用于制造铁路车辆、工业建筑和农业机械等。

③ 特殊形状轧钢。特殊形状轧钢是指用纵轧、横轧、斜轧等特殊轧制方法生产的各种周期断面及特殊形状轧钢,如车轴、变断面轴、钢球、齿轮、丝杠、车轮和轮箍、内螺纹管以及双耳管等。

(2) 板带材

板带材是应用最为广泛的轧材,占钢材比例的 50% ~ 60%。板带材是一种宽度与厚度比值(B/H) 很大的扁平断面钢材,包括板片和带卷。板带材按厚度分为厚板、薄板、箔材;按轧制方法分为热轧板带材和冷轧板带材;按用途还可分为桥梁板、锅炉板、造船板、汽车板、镀层板、电工钢板等。通常板带材按其厚度分类如下:

厚板 厚板属于热轧板材,厚度为 4 ~ 20 mm 为中板,20 ~ 60 mm 为厚板,60 mm 以上为特厚板;板材厚度可达 500 mm,宽至 5 000 mm,长达 25 000 mm 以上,一般成张供应。主要用于锅炉、造船、车辆、重型机械、桥梁、槽罐等。

薄板 热轧、冷轧皆可生产薄板,厚为 0.2 ~ 4 mm,宽为 2 800 mm,可剪成定尺长度供应,也可成卷供应。用于车辆、电机、仪表外壳、家用电器等。

箔材 箔材属于冷轧产品,一般厚度为 0.2 ~ 0.001 mm,宽度为 20 ~ 600 mm,常以带卷供应。用于表面包层和包装,可起隔冷、隔热、隔潮、隔音等作用。

各种钢板宽度与厚度的组合已超过 5 000 种以上,宽度与厚度的比值达 10 000 种以上,异型断面钢板、变断面钢板等新型产品不断出现。板带钢不仅作为成品钢材使用,而且也常用于制造弯曲型钢和焊接钢等的原料。

3. 管材

全长为中空断面,长度与周长的比值较大的钢材称为管材。管材规格用其外形尺寸(外径或边长)和壁厚(或内径)表示。管材按断面形状分为圆形、方形、矩形、椭圆形及多种异型,还有变断面管材,如图 1.3 所示。管材按制造方法分为无缝钢管、焊接(有缝)钢管及冷轧与冷拔钢管;按管端状态可分为光管和车丝(带螺纹的)管,后者又分为普通车丝管和端头加厚的车丝管;按外径和壁厚之比的不同,还可分为特厚管、厚壁管、薄壁管和极薄壁管;钢管按用途分为管道用管、锅炉用管、地质钻探管、化工用管、轴承用管、注射针管等。

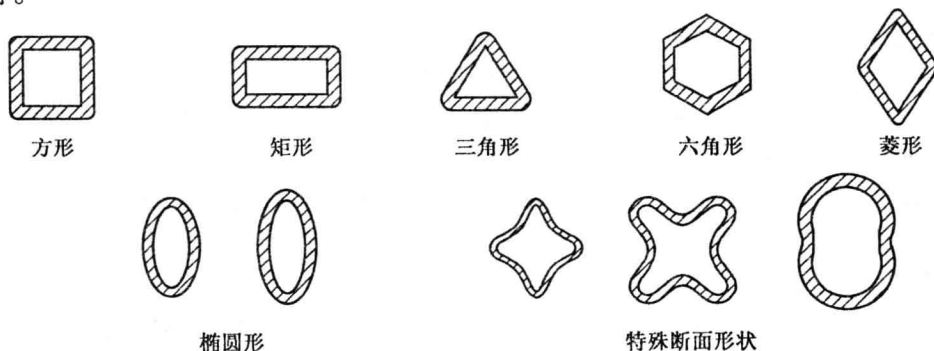


图 1.3 异型钢管断面形状

各种钢管的规格按直径与壁厚组合也非常多,其外径小至0.1 mm,大至4 000 mm;壁厚小至0.01 mm,大至100 mm。钢管的产量一般约占钢材总产量的8%~16%。无缝钢管的主要用途是高压用管、化工用管、气体容器用管、油井用管、炮管、枪管等。焊接钢管可用于煤气管、水道用管、自行车和汽车用管等。随着社会需求的增加,新的钢管品种还在不断增多。

用轧制方法生产钢材,生产效率高,产品质量好,金属消耗少,生产成本低。随着轧制钢材产量的不断提高,钢材品种规格必将日益增大。

1.2 产品标准和技术要求

轧材的技术要求是为满足客户提出的使用要求而必须具备的规格和技术性能。轧材技术要求是按用途要求提出的,再根据当时实际生产技术水平的可能性和生产的经济性制订的,它体现为产品的标准。如根据用途的要求,制订产品形状、尺寸、表面状态、机械性能、物理化学性能、金属内部组织和化学成分等方面的标准。

由于各种轧材使用范围不同,产品标准也各不相同。产品标准相应地分为企业标准、地方标准与国家标准或部颁标准,也可以是由供需双方制订并认可的临时协议标准。企业标准是几个企业之间根据使用要求和生产条件相互协商而制订的标准,它仅适用于承认该协议的各企业。地方标准是指对于某些只在局部地区通用的产品所制订的标准,它只适用于一定的地区。而国家标准则是根据产品的使用要求与生产条件所制订出的适用于全国各生产企业的标准。常见的标准如美国的U. S. 标准、德国的DIN 标准、日本的JIS 标准及中国的GB(国家标准)、YB(冶金工业标准)、企业标准等。

轧材的产品标准一般包括品种(规格)、技术条件、验收交货等方面的内容。

1. 品种规格标准

品种规格标准是对轧材形状和尺寸精度的要求。形状方面要求形状规整,断面无歪扭,保证小于一定的不直度和表面不平度等;尺寸精度方面要求轧材轧后应满足的尺寸及偏差。在满足使用要求的前提下,以节约金属,减轻金属结构的重量为原则,因此提倡负偏差轧制,即在尺寸的负偏差范围内轧制。但若某些钢材在使用时还要经过加工处理工序,则应按正偏差轧制。例如,工具钢由于要经退火,钢板长度和宽度要经剪裁,故全部按正偏差轧制。

2. 技术条件

产品技术条件根据轧材的不同而不同,一般包括表面质量、组织结构、化学成分及性能等,同时还包括某些试验方法和试验条件。

表面质量直接影响到轧材的使用性能和寿命,主要包括表面缺陷、表面光洁和平坦程度,如表面裂纹、结疤、重皮、氧化铁皮等。

轧材性能主要取决于轧材的组织结构和化学成分,因此在技术条件上规定了化学成分、晶粒度、钢材内部缺陷、杂质形态及分布等金属组织结构方面的要求。轧材性能要求一般指轧材强度、塑性和韧性等机械性能以及弯曲、冲压、焊接等工艺性能,还有磁性、抗腐蚀性等特殊物理化学性能,有时还对硬度及其他指标有要求。通过拉伸试验、冲击试验

及硬度试验可以确定这些性能指标。

3. 验收标准

验收标准指验收时应遵循的一些规定,一般包括试验内容、取样部位、试样形状和尺寸、试验条件及方法等;轧材交货时的包装、标识方法以及质量证明书的内容等。某些特殊轧材还规定了特殊的成品试验要求。

需要指出,技术条件是钢铁企业组织生产的法规。国家标准、部颁标准等只是说明某种产品的一般要求或最低要求。为了满足用户更高的要求,以提高企业的声誉和竞争能力,取得更好的经济效益,企业内部往往制订内控标准,采用某种工艺使产品在某一方面达到更高的水平。随着产品要求和生产技术水平的提高,标准也在不断修改、补充和提高。

1.3 轧材生产方法

轧制过程是靠旋转的轧辊与轧件之间形成的摩擦力将轧件拖进轧辊之间,并使之受到压缩产生塑性变形的过程,在轧辊压力作用下,轧件在长、宽、高三个方向上完成塑性成型。轧制过程除使轧件获得一定形状和尺寸之外,还必须使轧件具有一定的组织和性能。根据轧件长度方向与轧辊轴向的关系,轧制方法大致可分为纵轧、斜轧和横轧等方法。

1. 纵轧

纵轧就是轧件在相互平行且旋转方向相反的平直轧辊或带孔槽轧辊缝隙间进行的塑性变形的过程,轧件的前进方向与轧辊轴线垂直,如图 1.4(a) 所示。常见的机型有二辊轧机、三辊轧机、四辊轧机、六辊轧机、多辊轧机、万能轧机等。纵轧广泛用于生产钢坯、板带材和型材。

2. 斜轧

斜轧的两个轧辊呈一定的角度且旋转方向相同,轧件做螺旋形运动。轧件沿轧辊交角的中心线方向进入轧辊缝隙,在变形过程中,轧件除绕其轴线做旋转运动外,还做沿其轴线方向前进运动,如图 1.4(b) 所示。常见的机型有二辊和三辊斜轧穿孔机、轧管机等。斜轧广泛用于无缝管材生产。

3. 横轧

在横轧过程中,轧件轴线与轧辊轴线平行,金属只有绕其自身轴线的旋转运动,故仅在横向受到加工,如图 1.4(c) 所示。常见的机型有齿轮轧机。

4. 特殊轧制

特殊轧制就是不能简单地用上述 3 种方法描述的轧制方式。比如周期式轧管机,虽然它近似于纵轧,但与一般纵轧不同的是轧辊在做旋转运动的同时,还有在水平方向上的移动,因而轧件的拖入方向与轧辊旋转方向相反,且轧制是周期性的。常见的特殊轧制方法有车轮及轮箍轧制、周期断面轴轧制、钢球轧制等。

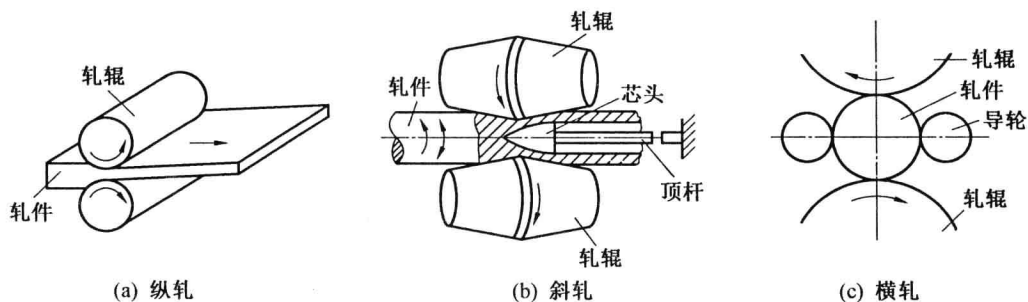


图 1.4 轧制方式示意图

1.4 轧制工艺流程

由钢锭或钢坯轧制成具有一定规格和性能的钢材的一系列加工工序的组合,称为轧钢生产工艺流程。如何能够优质、高产、低成本地生产出合乎技术条件的钢材,是制订轧钢生产工艺流程的总任务和总依据。

铁矿石转变成钢材要经历许多复杂的过程,必须经过炼铁、炼钢和轧钢 3 个阶段,各个阶段又包括很多复杂的工序。

就轧钢生产而言,传统的轧钢工艺是以模铸钢锭为原料,从钢锭浇注车间送来的钢锭首先放入均热炉中加热,当其温度达到要求且内外温度均匀后,再送到初轧机上轧出方坯、扁坯或板坯等半成品,这些半成品又分别在型钢、板带钢、钢管等各种钢材轧制车间,继续经过加热、轧制、精整等工序生产出所需要的成品。图 1.5 为从炼铁、炼钢到轧制成材的生产工艺简图。

近年来连续铸造技术迅猛发展,钢水直接铸成连铸坯,省去了铸锭、均热、初轧等多道工序,在很大程度上简化了钢材生产工艺流程,显著降低了生产成本。碳素钢和合金钢的一般生产工艺流程,如图 1.6、1.7 所示。采用连铸坯生产系统,不需要大的开坯机,无论是板带材或型材,一般都经一次加热轧出成品。采用铸锭的大型生产系统,需要大型的初轧机,钢锭重量大,一般采用热锭作业及二次或三次加热轧制的方式。合金钢的一般生产工艺流程在工序上比碳钢复杂,包括铸坯的退火、轧制后的退火、酸洗等工序,有时采用锻造代替轧制开坯。钢材冷轧生产的一般工艺流程必须有轧制前的酸洗和退火相配合。

不同的轧制产品具有不同的工艺过程,最基本的工序是原料的准备、加热、轧制、冷却与精整和质量检查等工序。

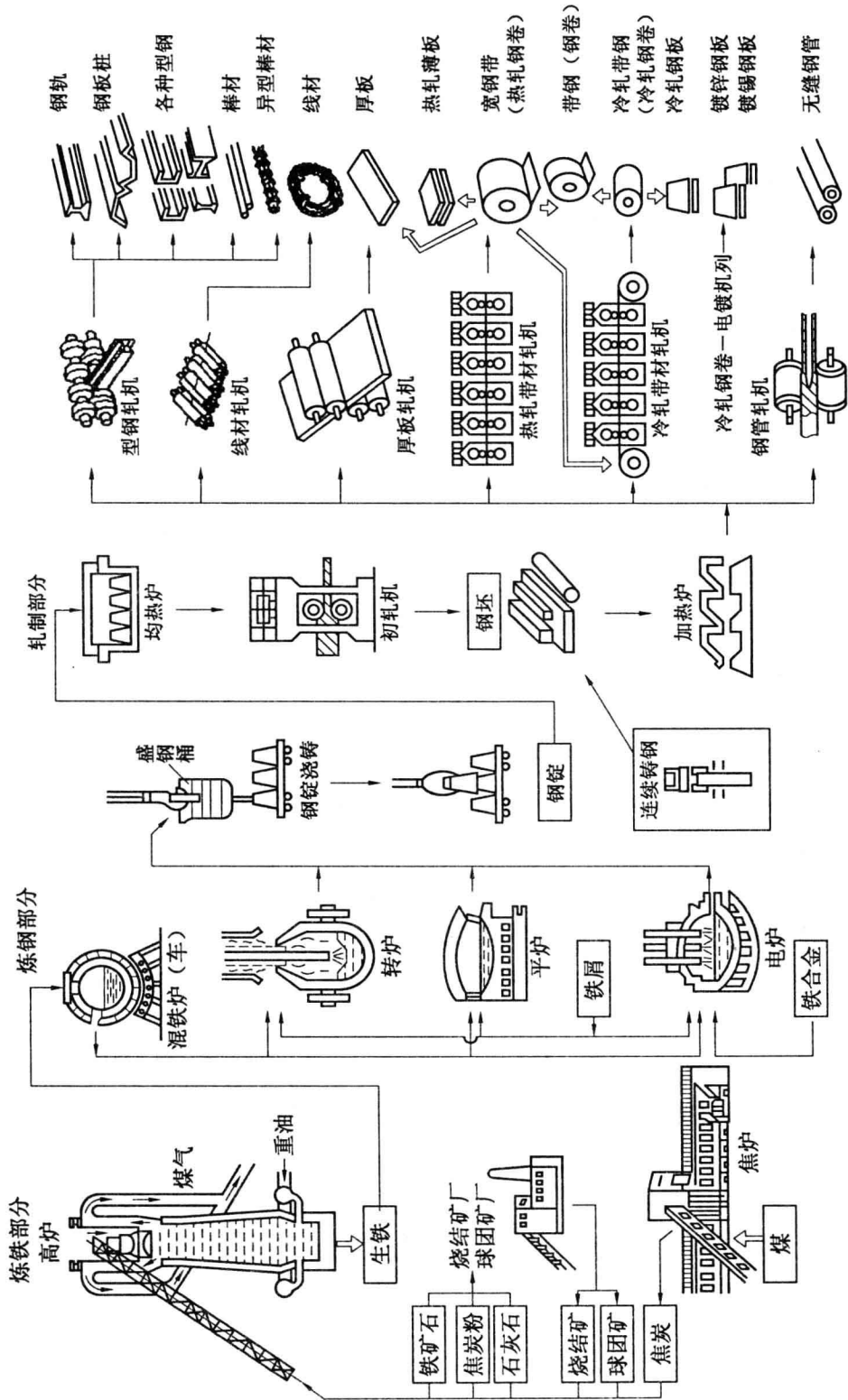


图1.5 冶炼至轧制成材的生产工艺简图

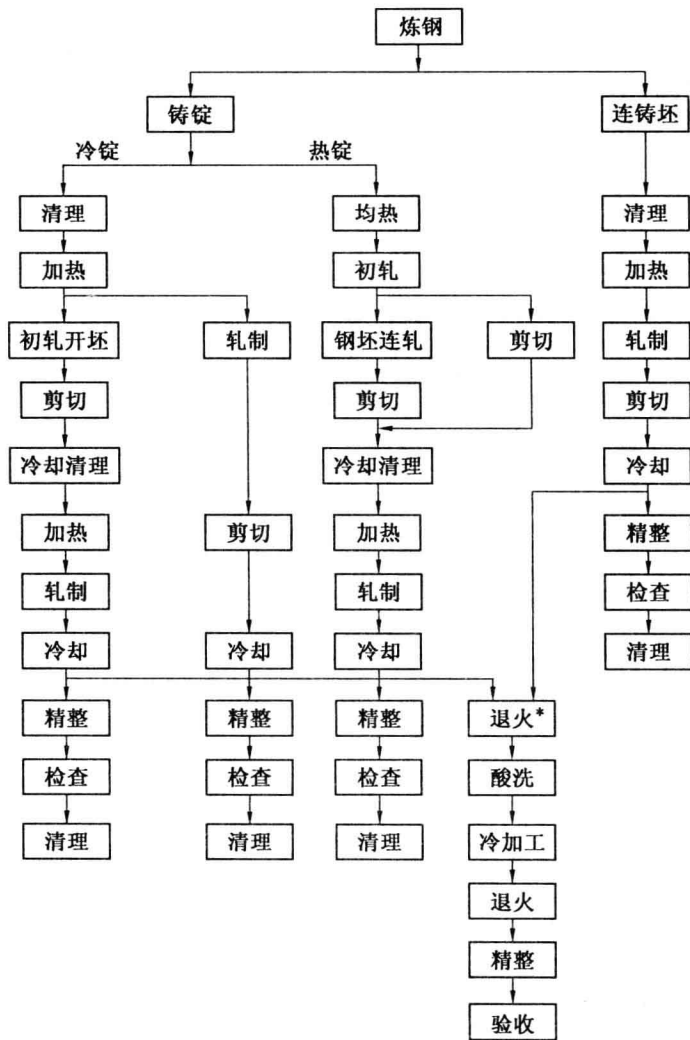


图 1.6 碳素钢和低合金钢的一般生产过程
(带 * 的工序根据需要确定取舍)

1.4.1 原料的准备

轧制常用原料有铸锭、轧坯及连铸坯等,近年来,有些小企业已开始使用压铸坯。各种原料的比较见表 1.1。钢锭是用钢水铸成的锭坯,按钢水脱氧程度不同,可分为镇静钢锭、沸腾钢锭和半镇静钢锭。钢锭的基本形状有方形、扁形、圆形和多边形。

连铸坯的金属收得率一般是 96% ~ 99%,与铸锭和开坯方式相比,对镇静钢来说,成材率可以提高 15%,对半镇静钢来说,可提高 7% ~ 10%。连铸可以实现机械化操作,表面质量好,材质均匀。但连铸操作难于控制,对钢水的冶炼条件要求严格,目前还不能适用于全部钢种。