

孔型设计

上册

上海市冶金工业局孔型学习班 编

上海人民出版社

孔 型 设 计

上 册

上海市冶金工业局孔型学习班 编

上 海 人 民 出 版 社

孔 型 设 计

上 册

上海市冶金工业局孔型学习班 编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 20 插页 5 字数 527,000

1977年11月第1版 1977年11月第1次印刷

统一书号: 15171·303 定价: 1.80 元

内 容 提 要

本书以反映上海轧钢生产的孔型设计经验为主,在讲述有关基本理论的基础上,总结和介绍了上海各中小型轧钢厂(车间)所使用的一些孔型设计方法。书中对一些计算公式作了鉴定和修正,编制了计算表,还介绍了新近研制的“型钢孔型设计计算尺”这种简捷的计算工具。

全书分上、下两册。上册包括:第一篇,轧制理论基础;第二篇,简单断面型钢孔型设计;第三篇,连续轧制孔型设计。下册包括:第四篇,异型断面型钢孔型设计;第五篇,周期断面与复合断面型钢孔型设计;附录,收入多种孔型系统、计算图、计算表等。

601710/24

前 言

孔型设计是制定型钢轧制工艺的重要内容,孔型设计必须根据轧制条件、任务要求而定。它与提高轧机生产水平,多快好省地完成各项指标密切相关。多年来,广大轧钢工人、技术人员和革命干部,在毛主席革命路线指引下,努力发展型钢生产,大搞技术革新与技术革命,不断改革工艺与设备,挖掘设备潜力,在提高轧机生产率、发展品种、提高质量、降低消耗、提高机械化自动化等方面取得了不少成绩。

为了总结上海地区各中小型轧钢厂(车间)的孔型设计经验,把群众中丰富的创造加以系统整理和上升到理论来认识,上海市冶金工业局于1974年组织有关工厂和学校,成立“孔型学习班”,边调查、边学习、边总结,开始本书的编写工作。在编写过程中,按照“洋为中用”的原则,我们根据实际生产情况,对一些计算公式作了鉴定和修正。在上海复旦大学、上海计算尺厂、上海计算技术研究所的大力协助配合下,我们还设计并试制出了“型钢孔型设计计算尺”,编制了计算表,以利于设计工作的普及化。

本书在内容编排上,把基本理论问题放在第一篇内,又把各具体品种特性的理论问题,放在有关各篇的前面,以作为了解具体设计方法的前提。鉴于上海型钢孔型设计的内容比较多,本书上、下二册共五篇尚难全面反映。遵照“百花齐放、百家争鸣”的方针,我们把有参考意义的多种孔型系统、计算图、计算表等编成附录接于第五篇之后。

由于我们工作不全面,水平又不高,对于异形断面孔型设计在理性认识上还很肤浅,合金钢孔型参数还未涉及,又由于我们学习与实践不够,本书缺点和错误在所难免,希望读者多提出批评意见,以便再版时改进。还须指出,本书所介绍的都是上海各中小型

轧钢厂(车间)所使用的一些孔型设计方法,未必能完全适合国内其他厂的具体情况,所列举的经验数据亦有一定的局限性,希望读者根据自己的实际条件,发扬独创精神,搞好孔型设计。

华主席为首的党中央一举粉碎了“四人帮”,为我们大干社会主义,迅速把国民经济搞上去开辟了光辉灿烂的前景。让我们高举毛主席的伟大旗帜,紧跟英明领袖华主席,共同为提高我国的轧钢生产技术水平,为实现毛主席和周总理为我们制定的宏伟规划——在本世纪内全面实现四个现代化,把我国建设成为繁荣昌盛的社会主义强国而努力奋斗。

上海市冶金工业局孔型学习班

1977年4月

本书常用符号

H 、 B 、 F_0 ——轧制前轧件断面的高度、宽度和截面积

h 、 b 、 F ——轧制后轧件断面的高度、宽度和截面积

L 、 l ——轧制前、后轧件的长度

H_c 、 h_c ——轧制前、后轧件断面的平均高度

$\Delta h = H - h$ ——压下量

$\Delta b = b - B$ ——宽展量

$\Delta l = l - L$ ——伸长量

$\Delta F = F_0 - F$ ——断面压缩量

$\varepsilon_h = \frac{\Delta h}{H} \%$ ——压下率

$\varepsilon_b = \frac{\Delta b}{B} \%$ ——宽展率

$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{L} \%$ ——延伸率

$\varepsilon_F = \frac{\Delta F}{F_0} \%$ ——断面压缩率

$\dot{\varepsilon}$ ——变形速度

$\lambda = \frac{h}{H}$ (或 $\eta = \frac{H}{h}$) ——压下系数

$\beta = \frac{b}{B}$ ——相对宽展系数

$\mu = \frac{l}{L}$ ——延伸系数

$\beta' = \frac{\Delta b}{\Delta h}$ ——绝对宽展系数

$\varepsilon_{hc} = \frac{\Delta hc}{H_c} \%$ ——平均压下率

μ_0 、 μ_Σ ——平均延伸系数与总延伸系数

$\mu_\square$ ——一对方孔之间的延伸系数

- $\delta = \frac{B}{H}$ ——形状系数
 $\varepsilon = \frac{H}{D_k}$ ——轧件辊径系数
 W ——宽展指数
 W_c ——大压下量时的宽展指数
 S ——前滑
 φ ——拉钢值
 $\varphi_0 = 1 + \varphi$ ——拉钢系数
 $l_H = \sqrt{R\Delta h}$ ——接触弧水平投影长度(变形区长度)
 F_x ——接触面积
 $\alpha, \alpha_{\max}$ ——咬入角与临界咬入角
 γ ——临界角(中性角)
 ρ ——摩擦角
 D, R ——轧辊直径与半径
 D_k, R_k ——轧辊工作辊径和工作半径
 m' ——椭圆钝度
 $m = \frac{h_0}{h_{\max}}$ ——孔型高度系数
 $y\%$ ——孔型侧壁斜度
 c ——连轧常数
 p ——轧制单位压力
 P ——轧制压力
 K_f ——变形抗力
 p_0, K_{f0} ——平均单位压力与平均变形抗力
 f ——摩擦系数
 T ——摩擦力
 q_f, q_b ——前张力与后张力
 M ——轧制力矩
 σ ——正应力
 τ ——切应力

v ——轧件速度

v_b ——轧辊圆周速度

n ——轧辊每分钟转数

T 或 t ——温度

t 或 τ ——时间

目 录

本书常用符号

第一篇 轧制理论基础

第一章 轧制时金属的变形及单位压力分布理论	1
第一节 概述	1
第二节 金属在变形区内的流动	12
第三节 变形区内应力分布的理论	39
第二章 咬入及摩擦系数	51
第一节 咬入条件	51
第二节 最大压下量(临界压下量)	52
第三节 稳定轧制时的咬入条件	54
第四节 摩擦系数的测定	56
第五节 摩擦系数的计算	60
第三章 压下、延伸和宽展	62
第一节 常用宽展公式	62
第二节 相对宽展公式和常用公式比较	64
第三节 影响宽展的其他因素	73
第四节 轧制合金钢的相对宽展系数	76
第五节 相对宽展计算尺	86
第四章 金属在孔型中的流动和变形计算	89
第一节 普通型钢的变形特点	89
第二节 孔型中宽展和延伸的计算	91
第三节 平均高度系数	95
第四节 轧辊的平均工作直径	106
第五节 用相对宽展公式计算一般孔型的实例	110
第五章 轧制压力、力矩及能量消耗	127
第一节 变形抗力	127

第二节 轧制压力的确定	169
第三节 轧制力矩及轧制功率消耗	209
第六章 大压下、轧制温度及轧件的稳定性	222
第一节 大压下轧制	222
第二节 轧制过程中的温度变化	230
第三节 轧件在孔型中的稳定问题	240
第七章 孔型设计理论基础	247
第一节 孔型设计的定义和任务	247
第二节 热轧产品的品种	248
第三节 孔型的形状及分类	249
第四节 孔型的组成	252
第五节 孔型在轧辊上的配置	256
第六节 孔型系统选择、变形系数及其分配	268
第七节 成品孔的设计	277
第八节 按设计顺序使用相对宽展公式	278

第二篇 简单断面型钢孔型设计

第一章 初轧机孔型设计	285
第一节 选择锭型	285
第二节 变形量的决定	287
第三节 初轧机的宽展	290
第四节 翻钢	292
第五节 编制压下规程	293
第六节 孔型设计	294
第七节 孔型设计实例	298
第二章 延伸孔型设计	302
第一节 箱形孔型系统	303
第二节 菱-方孔型系统(附菱-菱孔型系统)	305
第三节 椭-方孔型系统	311
第四节 六角-方孔型系统	315
第五节 椭-圆孔型系统	318
第六节 用相对宽展公式设计延伸孔型	319
第七节 延伸孔型的实例计算	331

第三章 三辊式开坯孔型设计	341
第一节 增加压下量的探讨	341
第二节 锭坯的合理选择	347
第三节 开坯粗轧孔型——箱形孔型的设计	352
第四节 方坯孔型设计	372
第五节 圆(管)坯孔型设计	385
第六节 板坯的孔型设计	400
第四章 圆钢孔型设计	413
第一节 圆钢轧制的孔型系统及其选择	413
第二节 圆钢成品孔的构成	415
第三节 圆钢成品前孔($K3$ 孔)的设计	417
第四节 成品前孔——椭圆孔的确定	420
第五节 规圆机在圆钢生产中的应用	426
第六节 斜配孔在套轧法中的应用	429
第七节 $\phi 16$ 毫米圆钢孔型设计实例	431
第五章 方钢孔型设计	436
第一节 孔型系统	436
第二节 成品孔的构成	437
第三节 成品前 $K2$ 、 $K3$ 孔的设计	439
第四节 其他孔型的选择	443
第五节 16毫米方钢孔型设计实例	444
第六章 螺纹钢孔型设计	447
第一节 螺纹钢轧制的孔型系统	447
第二节 成品孔的构成	447
第三节 成品前孔的确定	449
第四节 其他孔的选择	451
第七章 六角钢孔型设计	452
第一节 孔型系统的选择	452
第二节 成品孔的构成	453
第三节 成品前孔的确定	454
第八章 扁钢孔型设计	457
第一节 概述	457
第二节 扁钢的孔型系统	459

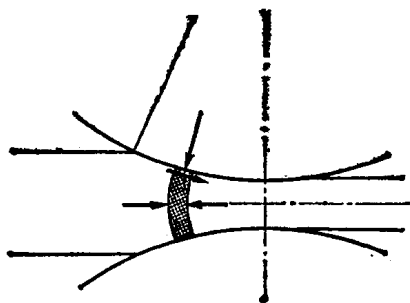
第三节 压下量的分配	465
第四节 立轧孔的设计	466
第五节 扁钢的坯料	472
第六节 扁钢孔型设计例题	474

第三篇 连续轧制孔型设计

第一章 连续轧制的基本概念	485
第一节 连轧与连轧机	485
第二节 连轧的工艺要求	486
第三节 轧制条件对连轧的影响	487
第二章 发展连轧的重要性	490
第一节 旧式轧机的特点与存在问题	490
第二节 发展连轧的重要性	493
第三节 连轧先进性的理论分析	497
第四节 连轧机的种类与水平	510
第三章 连轧孔型设计理论基础	512
第一节 连轧常数的计算	512
第二节 连轧的三种状态	515
第三节 堆拉系数的计算	516
第四节 连轧的延伸与速度关系	517
第五节 连轧孔型设计要注意的几个问题	519
第四章 线材连轧孔型设计	521
第一节 线材的轧制特点	521
第二节 孔型系统	525
第三节 宽展量与宽展系数	528
第四节 延伸分配与堆拉系数	539
第五节 孔型设计步骤	542
第六节 线材中轧孔型设计例题	545
第七节 线材精轧孔型设计例题	555
第八节 线材孔型实例	563
第五章 线材连轧的导卫装置设计	567
第一节 设计基本原则	567
第二节 导卫装置主要零件的用途	568

第三节 导卫的参数与材料	576
第四节 导卫零件的结合形式	584
第六章 无扭转精轧机组的孔型设计	587
第一节 “新一代”线材轧机	587
第二节 三辊式线材精轧机组孔型设计	587
第三节 45° 精轧机组孔型设计	593
第七章 钢坯连轧孔型设计	602
第一节 钢坯连轧机	602
第二节 2+4 机架连轧机列的孔型设计	606
第三节 六机架连轧机列的孔型设计	616

第一篇



轧制理论基础

第一章 轧制时金属的变形及 单位压力分布理论

第一节 概 述

在轧制过程中, 轧件在两个旋转方向相反的轧辊之间(图1-1-1)受到压缩, 获得延伸, 改变尺寸和形状, 发生塑性变形。同时, 它的物理机械性能也发生变化。

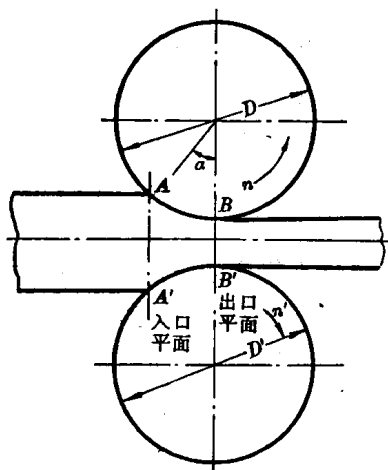


图 1-1-1 轧制过程简图

当在平辊上轧制矩形断面轧件时, 轧件开始与轧辊接触的平面 AA' 称为入口平面。轧件进入 AA' 平面后, 它的塑性变形过程就开始了。轧件与轧辊脱离接触的平面 BB' 称为出口平面。轧件通过 BB' 平面后, 塑性变形即告结束。另外, 圆弧 $\widehat{AB}$ 及 $\widehat{A'B'}$ 称

为接触弧或咬入弧。入口平面、出口平面、接触弧和轧件宽度所包围的空间称为变形区。变形区内所进行的过程是相当复杂的,变形区内金属流动的规律、咬入过程、应力分布以及轧制压力和力矩的确定是轧制理论研究的主要内容。

轧制理论的正式形成要比轧制生产方式的出现晚得多。例如,早在 1820 年,就已经开始用轧制方法生产钢轨,以后,由于资本主义商品经济的发展,机车运输量剧增,1864 年钢轨断面形状已



图 1-1-2 钢轨断面形状的演变

经改进到与现代重轨十分接近的水平(图 1-1-2)。1882 年出现小型半连续式的型材轧机。在钢板生产方面,1720~1728 年间出现最早的二辊式薄板轧机,1895 年建立起半连续式热轧带钢轧机,生产宽度为 250 毫米的带钢。1923 年出现全连续式的带钢热轧机,能生产宽度 914 毫米、厚度 1.65 毫米的热轧带钢。然而,轧制理论到本世纪二十年代以后才逐渐形成系统。“客观现实世界的变化运动永远没有完结,人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。”随着生产的发展,轧制理论也不断地充实、丰富和提高,并促进了轧制生产向高速、连续、自动化方向发展。

在毛主席的无产阶级革命路线指引下,我国的轧钢生产和其他生产战线一样,迅速向前发展,在产量、质量及品种等各个方面,不断创造新记录。广大轧钢工人在长期的生产斗争中,特别是无产阶级文化大革命以来,积累了丰富的生产经验,为轧制理论和生产技术研究提供了丰富的源泉。

毛主席教导我们:“没有什么事物是不包含矛盾的,没有矛盾就没有世界。”轧制过程和其他一切过程一样,自始至终充满各种矛盾,这些矛盾相互斗争,相互依存又相互转化,推动轧制过程的发展。这里我们首先从讨论最简单的轧制过程开始。所谓简单轧制过程是指:

(1) 上、下轧辊直径相等、转速相同,即 $D_1 = D_2$, $n_1 = n_2$;

- (2) 上、下轧辊材质及表面情况相同, 都是平辊;
- (3) 轧件材质均匀, 温度均匀, 轧制前为矩形断面, 厚度均匀;
- (4) 轧辊弹性变形极小, 可以忽略不计;
- (5) 轧件前、后端无张力作用。

本章所讨论的内容, 除另作说明外, 都是在简单轧制条件下进行的。

一、变形区的几何参数

如图 1-1-3 所示, 设轧件在轧制前的高度为 H 、宽度为 B 、长度为 L , 轧制后的高度为 h 、宽度为 b 、长度为 l , 轧辊直径为 D 、半径为 R , 轧件经过轧制后, 其厚度方向受到压缩, 轧制前后轧件的高度差称为压下量, 以 Δh 表示, 即

$$\Delta h = H - h$$

轧制前后轧件的宽度差称为宽展, 以 Δb 表示, 即

$$\Delta b = b - B$$

咬入弧所对应的轧辊圆心角称为咬入角, 以 α 表示。

压下量与轧辊直径及咬入角之间存在如下的关系:

$$\Delta h = 2(R - R \cos \alpha)$$

因此得到

$$\Delta h = D(1 - \cos \alpha) \quad (1-1-1)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left(1 - \frac{\Delta h}{D} \right) \quad (1-1-2)$$

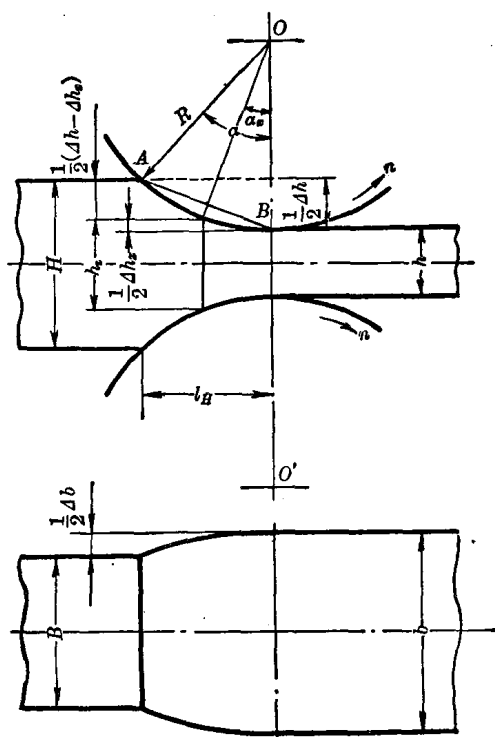


图 1-1-3 变形区的几何形状