

现代孔型设计技术的进展

冯 伟^{1,2}, 张秀山¹, 康永林²

(1莱芜钢铁股份有限公司 中型型钢厂, 山东 莱芜 271126;

2北京科技大学 材料学院, 北京 100083)

摘要: 介绍了型钢孔型设计技术的发展历程, 重点介绍了目前孔型设计的相关新技术, 并指出了孔型设计技术今后的发展方向。

关键词: 型钢; 孔型设计; 技术进展

中图分类号: TG332 文献标识码: A 文章编号: 1004-4620 (2005) 01-0033-03

Progress of Modern Pass Design Technique

FENG Wei^{1,2}, ZHANG Xiu-shan¹, KANG Yong-lin²

(1 The Medium Section Mill of Laiwu Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271126, China;

2 School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Introduces the development progress of pass design technique, especially the relevant new techniques at present. Points out the development direction of pass design technique in the future.

Key words: steel sections; pass design; technique progress

1 孔型设计技术的发展历程

孔型设计对轧机生产率、成材率、能耗、产品质量、设备的各种消耗、生产成本与操作人员的劳动强度等都有非常密切的关系。进入20世纪80年代以来, 随着电子计算机的广泛应用, 使能量法在孔型设计工作中得到广泛应用, 即利用变分原理解决各种型钢轧制问题。目前又开始利用有限元法解析出了型钢的轧制变形与力能参数问题, 为利用计算机模拟各种型钢的轧制过程提供可能, 并且已有人开始尝试进行简单断面型钢轧制过程的计算机模拟仿真, 以期在实际轧制生产提供更加可靠有效的工具设计, 降低工具的加工制造费用。计算机辅助孔型设计得到广泛应用。

虽然孔型设计从一般的经验方法逐步提高到现在的用变分原理和有限元方法, 但是经验方法仍在不断发展着。有人就提出了用一个通式确定各种简单断面轧件的纵横变形, 用不同的系数分别考虑辊径、轧制温度和速度、摩擦条件、轧前轧件形状、孔型形状以及钢种等的影响。

2 目前孔型设计技术的状况

2.1 孔型设计随装备水平变化

老式棒线材轧机, 特别是横列式轧机由于轧制速度慢, 轧件温降快, 头尾温差大, 为了保证产品质量, 尽可能采用具有大延伸能力的孔型系统, 如椭-方、六角-方孔型系统, 以减少轧制道次。进入20世纪90年代以来, 连续式棒线材轧机在我国得到了迅速发展, 以上限制条件已不存在。当轧制速度大于8~9m/s时, 轧件还会产生温升。为了提高产品质量, 减少孔型磨损和换孔次数, 提高轧机作业率, 不但不采用大延伸能力的孔型系统, 反而采用延伸能力不大, 但变形均匀的孔型系统, 如椭圆-圆、椭圆-立椭圆孔型系统。

在轧制工字钢、槽钢等带凸缘的异型断面型钢时，采用二辊孔型只能用开、闭口孔型。尽管人们花费了很多心思用于孔型设计，开发设计出了诸如直轧孔型、弯腰式孔型、弯腰大斜度式孔型以及蝶式孔型等多种孔型系统，但仍然无法有效克服孔型横断面上各处变形程度不同，轧辊、动力消耗大，产品尺寸精度、轧制效率低等问题。由于万能轧机以及万能孔型的应用使这些问题迎刃而解，孔型设计工作变得较为简单了。例如由孔型形状和轧件的变形条件所决定，孔型设计可以不计轧件宽展，工字钢的孔型设计类似于轧制板材的压下规程分配。

2.2 型钢高精度轧制工艺研究与实践

在通常的生产实践中，为了提高产品的轧制尺寸精度，很多人往往只注意到改造设备，研制了各种高刚度轧机和ADC（Automatic Dimension Control）、ASC（Automatic Sizing Control）等技术。但实现型钢的高精度轧制，不仅仅取决于装备水平，更重要的是取决于轧件的变形条件和轧制工艺。圆钢使用定径孔型，异型断面型钢使用万能轧机冷定径轧制工艺，都可以大幅度提高型钢的轧制尺寸精度。

根据轧件的使用要求，在以提高尺寸精度和表面光洁度为主要目标时，异型断面型钢可考虑采用冷轧工艺。冷定径异型钢可明显提高尺寸精度，在主要使用方向上，尺寸公差可小于 $\pm 0.02\text{mm}$ 。这一优点对零件轧制具有重要意义。冷轧零件的表面光洁度可以达到粗磨水平，轧制后轧件可直接使用。控制型材的尺寸精度，起决定性作用的是精轧孔型。精轧孔型的数量不必多，棒线材定径有2个精轧孔型即可明显提高精度。异型断面型钢根据尺寸精度要求高低一般有1~2个精轧定径孔型即可。

2.3 计算机辅助孔型设计进一步发展

计算机辅助设计（CAD）自20世纪80年代初应用于轧辊孔型设计以来，由于其具有设计效率高、能够同时发挥计算机和人各自优势等优越性，近年来在国内外得到较快发展。由于型钢产品品种不同，孔型系统不同，其计算机辅助孔型设计（CARD）软件的功能各不相同，如棒线材、角钢、工字钢、槽钢、H型钢各有已开发出来的功能不同的CARD软件。

目前这些CARD软件基本上都是在Windows环境下，用Visual Basic高级语言进行源程序编程，设计思路与孔型设计的思路完全一致，用户使用软件设计时与正常设计思路一样，只是无需动笔。大量的计算、判断、选择都由计算机完成，用户只需操作鼠标，输入必要的原始数据，在关键时刻进行判断和选择即可。

目前CARD系统主要有三种型式：会话型、最优型和CAD/CAM联合型。此三种CARD系统各自有不同的侧重点和适用情形，但无论哪种CARD系统都要用到大量的数学模型，数学模型精度的高低直接影响孔型设计的质量。当前由于轧制理论还很不成熟、很不完善，因此出现了很多描述金属变形、受力、运动状态参数的数学模型，不同的数学模型有不同的变形条件。因此，产品不同，孔型系统不同，设备条件不同，应选用不同的数学模型，取类似轧机（孔型系统）的实测值与理论计算值相对误差最小的数学模型作为辅助孔型设计的选定数学模型。从目前国内各型钢生产企业的使用效果来看，简单断面的CARD系统比较成功，但异型断面型钢则不太成熟。

另外，也有些研究院校开展了采用三维大变形弹塑性热力耦合的方法模拟简单断面轧件在孔型中的三维变形，以期分析孔型的变形能力、轧件变形的不均匀性和轧制力能参数的大小。使用的软件为MARC和ANSYS等。模拟结果有的与实际符合得较好，但大多数只是停留在理论研究和实验室阶段，还没有大规模地用于指导生产。

2.4 无孔型轧制技术广泛应用

在初轧机、开坯机、型钢和线材的粗轧机组（架）、中轧机组（架）或精轧机组的部分机架，不用有轧槽的轧辊，用平辊进行轧制，或轧件不与孔型侧壁接触的轧制，称为无孔型轧制。用无孔型轧制代替常规的孔型轧制，具有提高轧机作业率和成材率，降低能耗，改善产品质量，节省轧辊，降低劳动强度等优点，在初轧机、三辊开坯机、三合一轧机、紧凑式轧机等中得到应用。实质上四辊万能轧机也是无孔型轧制的一种。目前无孔型轧制技术与柔性轧制技术相结合，可以使生产灵活性更大、产品范围更宽，亦即用1套轧制设备，可生产出不同尺寸规格、不同断面形状、不同钢种材料、不同性能等级的多种产品，以满足小批量、多品种的市场需求。

用传统方法生产H型钢时，万能轧机水平辊的宽度固定，因而产品腰部内侧的尺寸固定。生产不同边厚

的H型钢时，其外部尺寸要发生变化，如图1所示。但用户要求H型钢的外部尺寸一定，以满足加工性能和施工条件等方面的要求。为此，日本川崎钢铁公司开发了外部尺寸一定H型钢的生产方法，用来生产外部尺寸一定、腰部内侧尺寸自由的新系列H型钢，并于1989年开始批量生产。在此基础上新日铁公司进一步开发了能够扩大H型钢腰部尺寸的斜辊轧机，形成了H型钢自由尺寸轧制的成套新技术，见图2。



图1 内部尺寸一定和外部尺寸一定H型钢的比较

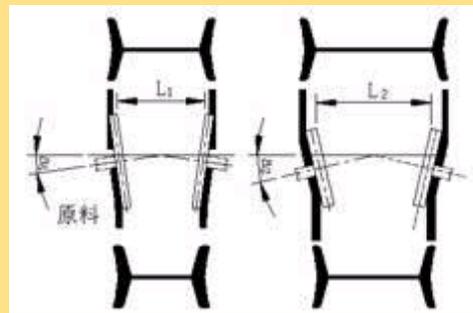


图2 斜辊轧机扩腰轧法工作原理

为适应多品种、小批量的生产方式，新投产的大型H型钢轧机使用无开坯（BD机）机架，使用“H—V可逆粗轧机组”和H—V连轧机。无开坯机轧制，即MPS技术（Multi-Purpose Section Technology），是利用水平孔型只轧制腰厚，立辊孔型只调整腰宽，见图3。

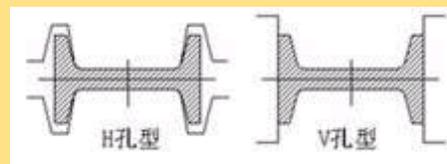


图3 无开坯机的H孔型和V孔型

3 结 语

型钢孔型设计的成功与否主要是看它在型钢生产中发挥的作用。

孔型设计得理想，除了可以得到符合有关标准的产品尺寸外，还能保证产品的高精度，光洁的表面质量以及优良的力学性能。例如轧小规格圆钢时用椭圆—圆—椭圆孔型系统轧出的圆钢断面直径差要小于方—圆—椭圆孔型系统；在精轧机选择了变形比较小又利于坯料表面氧化铁皮脱落的孔型，可以使轧件的表面光洁度得到改善；采用四辊万能成品孔型轧制重轨，其各项力学性能指标大幅提高。

孔型设计得理想，增大轧辊的共用性，可以使产品换轧不必更换轧辊，减少停机时间，提高轧机的生产能力。另外，通过改进孔型设计，使得轧制稳定性提高，操作简单，中间轧废减少，不仅提高了轧机的作业率，还减少了金属损耗，合理地处理利用不均匀变形，也可以减少型钢的切头切尾量。

孔型设计得理想，可以使轧件在各孔型或道次中尽可能地变形均匀，或者减少道次数，从而使电耗降低。使孔型各部分尽可能磨损均匀，减少轧辊无谓损耗，进一步降低生产成本，也是在进行孔型设计时需要

足够重视的。

因此，孔型设计不仅将钢锭或钢坯在所设计的轧辊孔型中经过若干次轧制变形，获得所要求的断面形状、尺寸和性能的产品，同时还要适应对产品质量、轧机生产能力、金属消耗、能耗、产品成本和劳动条件等整个生产系统综合提高的要求，这是孔型设计今后发展的主要方向。

[返回上页](#)