

菌式穿孔金属变形的试验研究

席正海

(攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司, 四川 成都 610069)

摘要: 为研究菌式穿孔机穿孔时轧件金属的变形规律, 进行了穿孔轧卡试验及变形区各断面轧件壁厚测量, 计算分析了壁厚变化规律。在穿孔过程中, 金属存在明显的管壁增厚现象。提出了在工具设计、调整参数方面应遵循的原则。

关键词: 菌式穿孔; 金属变形; 研究

中图分类号: TG331 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2001)06-0016-03

Experimental Research on Metal Deformation during Cone Roll Piercing

XI Zhen-hai

(Pangang Group Chengdu Seamless Steel Tube Co., Ltd., Chengdu 610069, China)

Abstract: To get the law of metal deformation of the work piece being rolled with the cone roll piercing mill, rolling jamming experiment and measurements of wall thickness of different work-piece sizes were conducted, based on which law of the wall thickness variation is calculated and analyzed. It is observed that during piercing, wall thickness of the work-piece being rolled is getting increased obviously. Principles concerning tool design and parameter setting of the mill are also emphasized.

Key words: Cone roll piercing mill; Metal deformation; Research

0 前言

菌式穿孔机能够穿制高合金钢和连铸坯, 提高穿孔效率和穿孔质量, 因此日益受到重视。近年来, 新建的轧管机组大多数配备了菌式穿孔机。

菌式穿孔机的轧辊为菌形, 轧辊直径从变形区入口到出口逐渐增大, 轧辊轴线与轧制线既倾斜又交叉, 倾斜形成喂入角 β , 交叉形成辗轧角 γ , 如图 1 所示。由于轧辊布置和辊型的特点所决定, 在进行工具设计和调整参数的设定时, 不能完全采用传统的曼氏穿孔机的设计计算方法。另一方面, 传统的曼氏穿孔机在穿孔过程中存在管壁增厚现象, 而菌式穿孔是否也有类似现象, 尚未见到详细报道。为研究菌式穿孔过程中金属的流动规律和制定

合理的穿孔工艺, 我们在菌式穿孔机上进行了穿孔轧卡试验, 并对轧卡试样作了解剖分析, 现将研究情况介绍如下。

1 试验工艺参数及试样测量方法

1.1 试验工艺参数

| | |
|--------------|--|
| 坯料直径 | 200mm |
| 轧辊直径 | 1 100mm |
| 辗轧角 γ | 14.3° |
| 喂入角 β | 8.5° |
| 轧辊距 | 175mm |
| 导盘距 | 192mm |
| 顶头直径 | 169mm |
| 顶伸量 | 110mm |
| 直径总压缩率 | 12.5% |
| 延伸系数 | 2.75 |
| 毛管尺寸 | $\Phi 214\text{mm} \times 18\text{mm}$ |

席正海(1958-), 男, 甘肃镇原人, 钢管设备设计研究所所长, 高级工程师, 主要从事钢管领域科研工作。

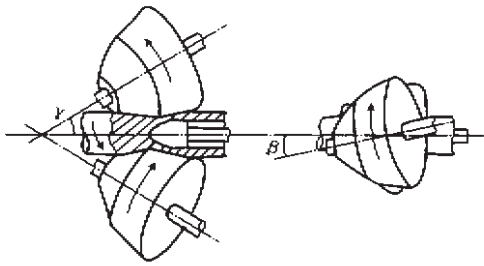


图1 菌式穿孔机轧辊布置示意
γ—辗轧角 β—喂入角

1.2 试样测量方法

试样取自生产中的轧卡料。在变形区段内，沿纵向和圆周方向每隔 20mm 刻划网格，并编号，用超声波测厚仪逐点测量纵横向网格结点处的壁厚值，如图 2 所示。

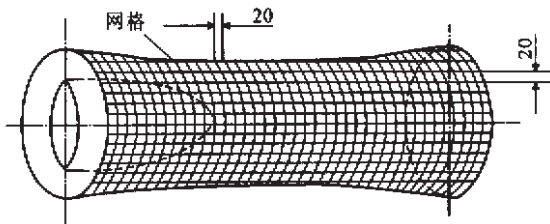


图2 轧卡试样测试示意

2 试验结果

按图 3 所示断面，测量壁厚值，其壁厚分布如图 4 所示。典型断面壁厚变化如图 5 所示。由图 5 可知，在轧件的横断面上，壁厚呈周期性的不均匀分布。在轧辊接触区的全长内，沿纵向两侧的壁厚最小，即在轧辊与顶头的辗轧作用下壁厚减薄，但离开轧辊接触区后壁厚逐渐增至最大值。在与另一

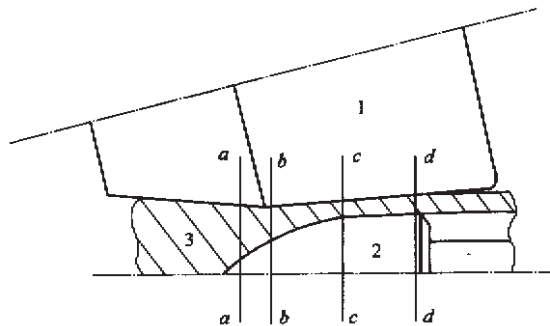


图3 取样位置
a-a 距辊喉前 70mm b-b 距辊喉后 10mm
c-c 距辊喉后 130mm d-d 距辊喉 250mm (出口处)
1—轧辊 2—顶头 3—轧件

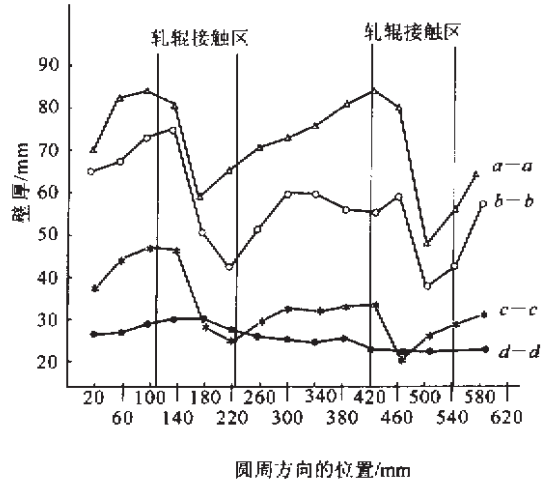


图4 轧件各横断面壁厚变化示意

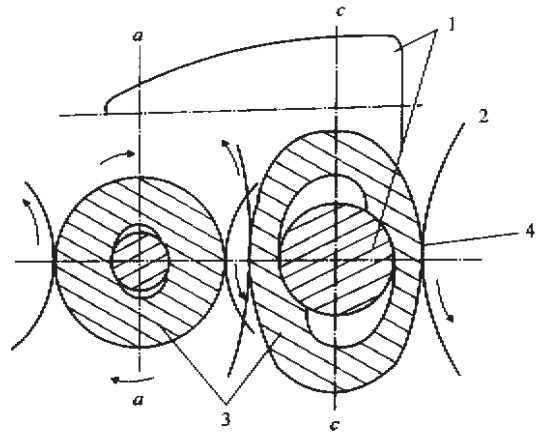


图5 在变形区中轧件横断面壁厚变化示意
1—顶头 2—轧辊 3—轧件 4—接触区

侧轧辊接触后又被辗轧，壁厚又再次被减薄。

在穿孔过程中，轧件边旋转边沿轴向移动，其上的每一点相应都在作螺旋运动。因此，在变形区中，轧件沿螺旋线的壁厚变化反映了金属的流动情况。表示螺旋运动的基本参数是切向运动速度、轴向运动速度和每半转的位移值(即螺距)。在考虑轴向滑移和切向滑移的条件后，菌式穿孔机的运动参数可按下述方法计算

$$v_x = (\pi D n \eta_x / 60) \sin \beta \cos \gamma$$

$$v_t = (\pi D t \eta_t / 60) \cos \beta$$

$$t_x = (1/2) (60 v_x) / n_r$$

$$= (\pi / 2) d (\eta_x / \eta_t) \operatorname{tg} \beta \cos \gamma$$

式中 v_x —— 轧件轴向运动速度；
 v_t —— 轧件切向运动速度；
 t_x —— 轧件螺距；

- D —— 轧辊直径；
 d —— 轧件直径；
 n —— 轧辊转速；
 n_r —— 轧件转速；
 η_x —— 轴向滑移系数；
 η_t —— 切向滑移系数。

利用计算式计算轧件入口处任意一点的螺距值，然后求出该点旋转 1 个网格 (20mm) 弧度后的前进量，从而得到下一点的位置，由此依次类推，直至得出轧件某一点的螺旋运动轨迹。根据其运动轨迹，将实测的壁厚值用线性插入法代入，即可得到轧件某点沿螺旋线运动时的壁厚变化曲线 (见图 6)。

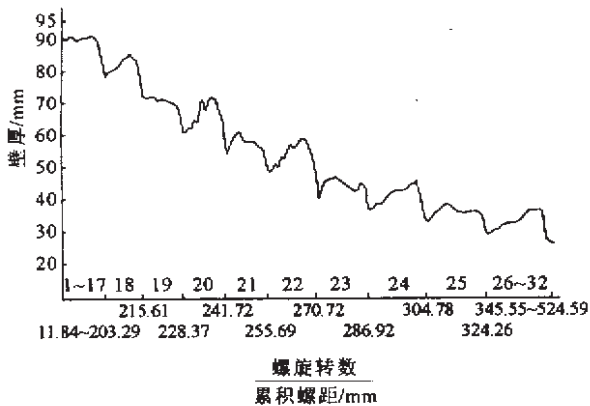


图 6 沿螺旋运动轧件的壁厚变化曲线

从图 6 可以看出：

(1) 与横断面上的壁厚变化规律相一致，在螺旋轨迹上，轧件亦存在减壁、增厚、减壁、增厚的变化过程，且变形程度愈大，增壁愈严重。由此说明菌式穿孔机在穿孔过程中存在明显的管壁增厚现象。

(2) 轧件从接触轧辊到出口，在长度约 500mm 的变形区内，螺旋运动轨迹的螺距有 32 个，但螺距值是逐渐增大的。在试验条件下，入口处的螺距值为 11.84mm，出口处的螺距值为 34.52mm (与实测值一致)，出入口处的螺距比值为 2.89 与穿孔延伸系数相近，符合金属变形秒流量相等的规律。

3 分析与讨论

根据轧制原理，在由轧辊、顶头和导盘形成的轧制孔型中，轧件金属被一侧轧辊与顶头辗轧流出，而在另一侧被轧辊轧出。由于变形，金属

的流出速度必定大于其流入速度，此时若没有导盘的限制，则会形成大的椭圆度。由于有了导盘的限制，因墩粗作用迫使一部分金属纵向延伸，另一部分金属径向流动。后者造成金属的堆积而使管壁增厚。

由于管壁的增厚，导致了实际变形量增大和轧制负荷升高。同时，由于金属在变形区的堆积，使轧件旋转的阻力增大，此时极易产生穿孔破尾和轧卡。因此，如何减小管壁增厚，对实现导盘式菌式穿孔机的稳定穿孔，提高穿孔质量和效率都具有十分重要的意义。

综上所述，管壁在变形区中的增厚是斜轧穿孔机金属变形的共有特点，它与穿孔机的孔型特征直接相关，要想完全消除是不可能的，但对菌式穿孔机而言，可以通过优化工具设计和合理设定调整参数来减轻管壁增厚的程度。

由于菌式穿孔机的导盘接触长度有限，孔型出口的封闭性较差 (变形区越长，孔型的封闭性越差)，对穿制极薄壁毛管不利。因此，在工具设计上要尽量减少变形区的长度。

在辊型设计时宜缩短减壁段的长度，采用使变形适当集中的分段式辊型，用以减少在减壁段管壁增厚的次数和程度。

在设计顶头时，在不影响壁厚均匀度的前提下，尽量缩短顶头的长度，特别是穿孔锥的长度，此种考虑也对降低穿孔负荷有利。

导盘直径在设备结构允许的情况下尽可能设计大一些，以增加接触区的长度。

在调整参数方面，主要考虑导盘的位置。导盘的位置应调整至变形最为剧烈的区域以增加孔型的密封性。此外，改进导盘的圆弧形，以利于轧件的旋转和金属的径向流动。

4 结 语

在菌式穿孔过程中，轧件亦存在管壁增厚现象；在轧件横断面和螺旋运动轨迹上，管壁呈减壁、增厚、减壁、增厚的规律变化，且变形程度愈大增厚现象愈严重。

为减小管壁增厚，在工具设计方面，应缩短轧辊变形区的长度，合理调整导盘的位置，增加孔型的封闭性。

(收稿日期：2000-11-30)