

关于鼓形穿孔机和锥形穿孔机的讨论

朱景清, 吕庆功, 王红炜, 石杰

(北京科大中冶技术发展有限公司, 北京 100029)

摘要: 从锥形穿孔机的发展历史出发, 比较了鼓形和锥形穿孔机的变形特点、主要工艺技术指标、投资和生产成本。强调指出: 锥形穿孔机和鼓形穿孔机不是彼此淘汰的关系; 穿孔机机型选择要综合考虑供坯条件、工艺要求和经济等因素, 不能一概而论; 配有鼓形穿孔机或锥形穿孔机的无缝钢管生产机组, 都不是生产高合金钢管的最佳选择。

关键词: 无缝钢管; 鼓形穿孔机; 锥形穿孔机; 机型选择

中图分类号: TG333.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2311(2010)01-0030-05

Discussion on Drum-type and Cone-type Piercing Mills

Zhu Jingqing, Lü Qinggong, Wang Hongwei, Shi Jie

(SinoMet Technologies Co., Ltd., University of Science & Technology Beijing, Beijing 100029, China)

Abstract: Based on a review of the evolution of the cone-type piercer, a comparison is conducted between the drum-type piercer and the cone-type piercer in terms of the deformation features, main technological indexes, investment and production cost. As a result, it is pointed out that neither of the two different types of piercers is the substitution for each other. Choice of the proper piercing mill depends on all the elements involved such as billet supply conditions, technological requirements and relevant economic involvements, etc., which must not be taken in the lump. No seamless steel tube plant equipped with a drum-type piercer or a cone-type piercer can be deemed as the best choice for manufacturing high alloy steel tube production.

Key words: Seamless steel tube; Drum-type piercer; Cone-type piercer; Choice of mill type

0 引言

鼓形穿孔机和锥形穿孔机在结构上(图1)的主要不同是: ①前者采用鼓形轧辊, 后者采用锥形轧辊; ②前者只有送进角 β , 没有辗轧角 $\gamma(\gamma=0)$, 后者既有送进角又有辗轧角。

在20世纪80年代以前, 可以说是鼓形穿孔机(包括Diesher穿孔机)一统天下。80年代以后锥形穿孔机得到迅速发展。我国在近10年无缝钢管快速发展时期兴建了几十套机组, 绝大部分采用了锥形穿孔机, 鼓形穿孔机几乎被边缘化了。是否合理? 本文就此发表一些不成熟的看法, 供同仁们讨论。

朱景清(1938-), 男, 教授, 顾问, 主要从事无缝钢管工艺理论研究。

1 锥形穿孔机的发展概况^[1-2]

锥形穿孔机最早出现在1899年, 轧辊为悬臂支撑, 由于轧辊刚度不够, 未能得到推广应用。

轧辊双支撑技术的出现, 使锥形穿孔机获得了新的生命力。最早采用双支撑锥形穿孔机的是瑞典SKF公司霍福尔斯厂(1962年)。随后, 前苏联车里雅宾斯克钢管厂和李卜克内西轧管厂(1974年)、原西德曼内斯曼公司拉特厂(1980年)、日本住友公司海南厂(1983年)相继建成了锥形穿孔机。这些穿孔机的共同特点是轧辊水平布置, 采用导板或导盘。

1990年5月, 南非托莎厂建成了由德国曼内斯曼-德马克-米尔公司制造的新型锥形穿孔机。其主要特征是: 两个轧辊上下垂直布置; 两块导板左右布置, 可90°旋出, 以便检查或更换; 辗轧角

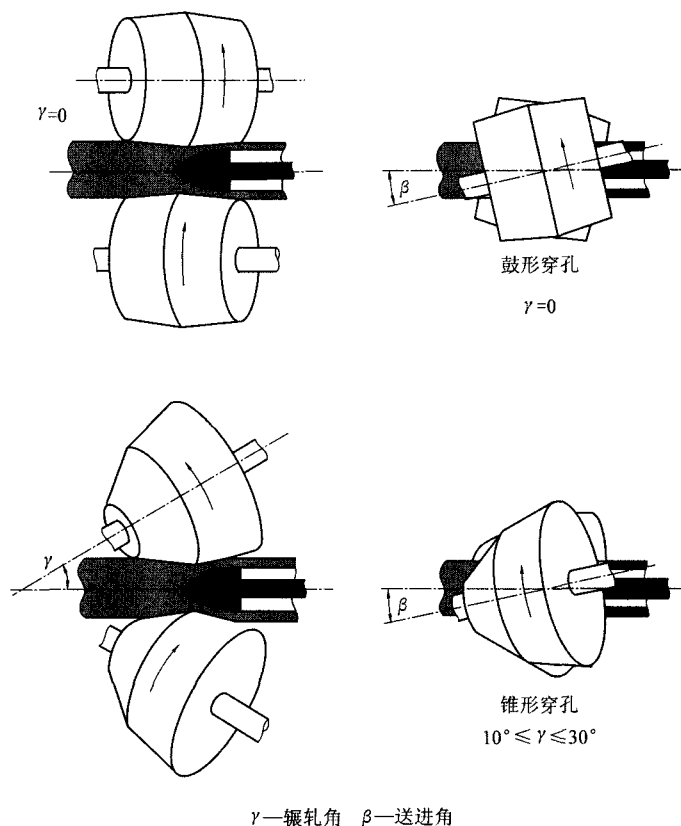


图1 锥形辊穿孔机与鼓形辊穿孔机结构示意图

定为 15°，送进角为 8°~15°。由于该穿孔机的成功应用，锥形穿孔机步入了快速发展阶段。近年来在国内外大批兴建的穿孔机，基本上就是这种类型。

锥形穿孔机之所以能获得快速发展，综合国内外报导，是由于它具有以下特点：

(1) 明显减小管坯穿孔过程中的附加变形，可穿轧连铸圆管坯和高合金钢，这正是研制锥形穿孔机的主要目的之一^[3]。表 1 是德国 Meer 公司 G·Voswinckel 博士在其论文“Tube rolling mills for high alloy steels”中给出的可以在锥形穿孔机上穿孔的高合金钢。

(2) 延伸系数 μ 和毛管的径壁比 D/S 大：南非托莎厂的 $\mu=4.17\sim 5.50$ ， $D/S=25.0\sim 27.5$ ；日本住友公司的 $\mu=4.17\sim 5.22$ ， $D/S=27.5$ ；德国拉特厂的 $\mu=6$ ， $D/S=30$ ，最大毛管长度可达 14 m。

(3) 大扩径率：德国拉特厂的最大扩径率为 39%，可减少管坯规格，提高生产的灵活性。

(4) 毛管尺寸精度高，横向壁厚精度 $< \pm 5\%$ 。
由于锥形穿孔机具有上述优点，加上其他一些原因，在国内凡是建无缝钢管机组，锥形穿孔机似乎都成了第一选择。如何正确认识鼓形和锥形穿孔机是有必要进行讨论的。

表 1 锥形穿孔机可穿轧的高合金钢	
材料	主要合金成分
马氏体不锈钢	0.2C-12Cr
	0.2C-13Cr
奥氏体不锈钢	19Cr-10Ni
	18Cr-10Ni-5Ti
	17Cr-13Ni-2Mo
铁素体不锈钢	12Cr-0.5Ni
双相不锈钢	22Cr-5Ni-3Mo
	27Cr-7Ni-3Mo

2 分析与讨论

图 2 是鼓形穿孔机和锥形穿孔机的变形区示意图。

由图 2 可见，两种穿孔机在穿制相同规格的毛管时，变形区的纵剖面完全相同。两者的根本区别在于：引入辗轧角 γ 之后，轧辊形状由鼓形改变成锥形。这是导致鼓形穿孔机和锥形穿孔机具有不同特征的根本原因所在，从这一基点出发，进行以下分析与讨论。

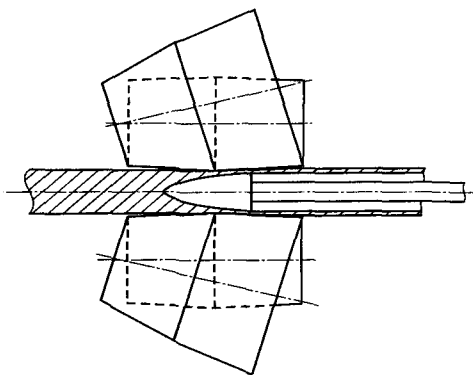


图2 鼓形、锥形穿孔机的变形区示意

2.1 鼓形与锥形穿孔机的变形特点

管坯在鼓形和锥形穿孔机上穿孔时的主变形是相同的,但附加变形有很大的差异。

图3是日本住友公司进行的轧角和送进角对周向剪切变形影响的研究结果^[4]。轧角越大,周向剪切变形越小。

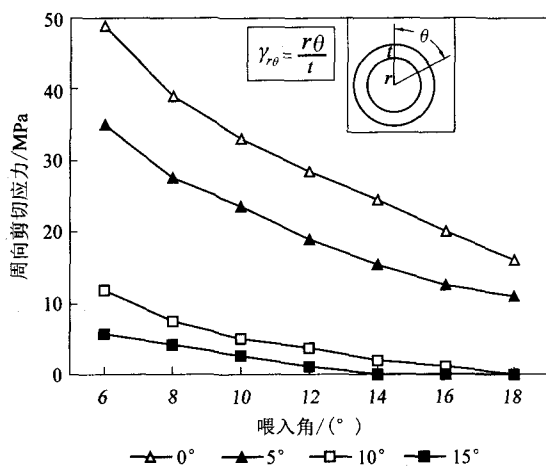
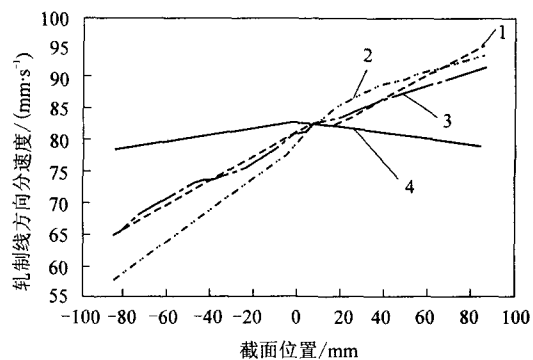


图3 轧角和送进角对钢管周向剪切变形的影响

北京科技大学在 $\Phi 40$ mm穿孔机上研究了辊型对延伸变形时附加变形的影响。鼓形辊和锥形辊的送进角均为 8° ,锥形辊的轧角分别为 5.5° 和 8° 。图4是不同辊型条件下轧辊表面速度的轴向分速度沿变形区的分布示意。

可以看出,锥形辊的轴向分速度与金属流动速度的趋势一致,而鼓形辊则不然。进一步研究表明,采用鼓形辊时钢管的附加变形系数 K 为7.27,而锥形辊的 K 值只有4.01(K 值越小,表示附加变形也越小)^[5]。这说明锥形辊比之鼓形辊能明显降



1—锥形辊($\gamma=8^\circ$) 2—金属流动速度
3—锥形辊($\gamma=5.5^\circ$) 4—鼓形辊

图4 轧辊表面速度的轴向分速度沿变形区的分布示意

低附加变形,是有利于连铸圆管坯和合金钢穿孔的。

但是,必须强调指出的是,从20世纪90年代以来,随着冶炼技术、炉外精炼技术和连铸技术的发展,管坯的冶金质量已得到迅速提高,使鼓形穿孔机也能顺利地穿孔连铸圆管坯。包头钢铁公司无缝钢管厂和北京科技大学合作,从1993年起进行了长达7年的“在曼式穿孔机上穿孔连铸圆管坯”研究^[6]。其中一个最典型的研究实例是:钢种20Mn3,管坯规格 $\Phi 270$ mm,顶头前伸量为0,即人为地在最恶劣的条件下穿孔。其轧卡件纵剖面低倍照片如图5所示。



图5 鼓形穿孔机轧卡件的纵剖面

由图 5 可见, 尽管顶头前管坯中心开裂, 但毛管纵、横截面上均未见裂纹等缺陷。通过多项专题研究和大量的质量统计, 得到的结论是: “在实现连铸圆管坯轧管工艺中, 关键是连铸坯的质量, 穿孔机型不是决定因素。”

在 2006 年颁布的连铸圆管坯行业标准(YB/T 4149-2006)中, 对连铸圆管坯质量有严格的要求, 而对穿孔机型是不作规定的。

在锥形穿孔机出现以前, 我国不少厂家采用“鼓形穿孔机穿孔-冷轧、冷拔”方式生产奥氏体类不锈钢管, 包钢 $\Phi 400$ mm 自动轧管机组也承担过

来料加工生产不锈钢毛管。至于能否穿轧更高级的高合金钢未见更多的报导。近年来, 在配置了锥形穿孔机的连轧管机组上已成功生产出 T91、T92、13Cr、超级 13Cr 等高合金钢管, 但合格率不高, 原因未见报导。不少资料都提到, 由于锥形穿孔机有效地抑制了鼓形穿孔机的“曼式效应”, 因此锥形穿孔机更适宜于穿轧连铸圆管坯和高合金钢。但是, 锥形辊穿孔时管坯仍然作螺旋前进运动, 并未根本改变顶头前管坯中心金属所受的拉-压交变的应力状态, 如果轧机调整或工艺参数不当, 或管坯质量不好, 仍会出现孔腔和内折(图 6)。

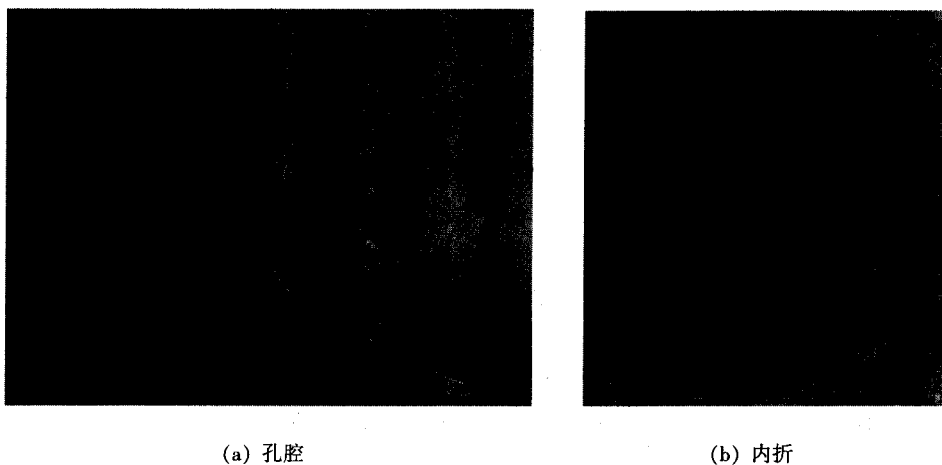


图 6 锥形辊穿孔的孔腔和内折照片

由以上分析讨论可以看出, 锥形辊穿孔时管坯的附加变形明显低于鼓形辊, 这是有利于连铸圆管坯和高合金钢穿孔的。但是, 随着管坯冶金质量的改善, 在鼓形穿孔机上已完全可以顺利穿轧连铸圆管坯。高合金钢的特点是变形抗力高, 适宜热加工的温度范围窄。生产高合金钢管的关键, 首先是保证管坯的冶金质量, 严格控制变形温度。减小附加变形当然是有利因素, 但是锥形辊在 $\beta=8^{\circ}\sim 15^{\circ}$, $\gamma=15^{\circ}$ 的条件下, 附加变形仍然不小, “曼式效应”和顶头前管坯中心的拉-压交变应力依然存在。因此, 不论是鼓形穿孔机还是锥形穿孔机, 都不是生产高合金钢管的最佳工艺选择, 倒是挤压法更受推崇。

2.2 工艺技术指标

不论是鼓形辊还是锥形辊, 其结构参数, 如入口锥和出口锥长度, 是由管坯规格、毛管规格等工艺因素确定的。锥形辊的出口锥长度与入口锥长度之比普遍大于鼓形辊。例如: $\Phi 400$ mm 自动轧

管机组鼓形穿孔机的该比值为 1:1.492, $\Phi 180$ mm MINI-MPM 机组锥形穿孔机的比值为 1:1.88。出口锥的加长, 有利于钢管的扩径。其次, 锥形辊降低了管坯穿孔过程的附加变形, 抑制了钢管各横截面之间的扭转变形, 有利于薄壁管的轧制。扩径率和 D/S 的增大, 相应地也使延伸系数增大。因此, 从机理上说, 采用锥形穿孔机可以达到国内外所报道的延伸系数、扩径率和 D/S 值, 但生产中实际采用的值普遍低于报道值(表 2)。

表 2 几台锥形穿孔机的工艺技术指标(最大值)

所属机组	延伸系数	扩径率/%	D/S
$\Phi 170$ mm Assel	4.73	5.6	16.5
$\Phi 180$ mm MINI-MPM	3.30	12.6	16.0
$\Phi 168$ mm PQF	3.66	11.0	17.0

作为比较, 表 3 给出了几台鼓形穿孔机实际达到的工艺技术指标。

表3 几台鼓形穿孔机的工艺技术指标(最大值)

所属机组	延伸系数	扩径率/%	D/S
Φ400 mm 自动轧管	2.57	12	11.3
Φ100 mm Assel	3.07	15	13.45
Φ140 mm 穿孔-冷拔	7.02	6.25	32.7

以上两组数据都是在正常生产条件下达到的实际值,也是在正常的参数范围之内。可以看出:同一类型或不同类型的穿孔机配置在不同机组中其工艺技术指标有很大不同;其值的大小是由产品大纲、机组配置、工艺流程、各变形工序之间的变形分配等因素决定的,单纯从工艺指标的大小来评价鼓形穿孔机和锥形穿孔机的优劣是不科学的。

至于穿孔后毛管的壁厚精度,从图2中是找不到锥形穿孔机能改善壁厚精度的机理的。相反,锥形穿孔机上顶杆所受的轴向力比鼓形穿孔机大(据设备部门实测,约大15%~20%),若不采取措施,反而会导致毛管壁厚精度降低。包钢Φ400 mm自动轧管机组的鼓形穿孔机,在采取液压锁紧、加装机内抱芯辊等一系列措施之后,毛管的壁厚精度由原先的±7%提高到±3%。随机测量了2台锥形穿孔机和1台鼓形穿孔机的毛管壁厚精度,没有明显差异。这说明,壁厚精度在很大程度上取决于轧机结构、调整、工艺、生产管理等因素,而与穿孔机的类型无关。

2.3 投资和生产成本

由图2可以看出,在管坯、毛管规格相同的条件下,锥形辊的体积明显大于鼓形辊。轧辊的增大必然导致设备重量和电机容量增大。此外,鼓形辊穿孔机只需1套传动系统,而锥形穿孔机则需2套传动系统,这也会增加传动设备和电控系统的投资。据设备制造商估计,鼓形穿孔机的造价比锥形穿孔机约低1/3。

在锥形穿孔机的初始应用阶段,两个轧辊是水平布置的。由于厂房跨度增加过多,所以改为现在普遍采用的垂直上下布置。但是,垂直布置增加了

厂房的标高,也会使厂房建设投资增加。

锥形穿孔机顶头上承受轴向力的增大,会加快顶头磨损,缩短顶头寿命;轧辊和传动系统重量的增加使空转力矩加大。这些因素都会导致生产成本的增加。

3 结 语

(1) 锥形穿孔机的出现是无缝钢管生产技术的一大进步,使穿孔机的建设多了一种选择。然而,锥形穿孔机和鼓形穿孔机不是彼此淘汰关系。

(2) 锥形穿孔机的主要优点是附加变形小,缺点是造价高;鼓形穿孔机则相反。穿孔机类型的选择应综合考虑供坯条件、产能、产品规格与品种、机组配置、各变形工序的变形分配及资金等因素,没有固定模式。德国KOCKS公司提出的四辊行星轧管机组建设方案中,选用了鼓形穿孔机,原因是四辊行星轧管机(KRM)的延伸系数可以达到10,不需要延伸系数大、价格高的锥形穿孔机。

(3) 配有鼓形穿孔机或锥形穿孔机的斜轧和纵轧无缝钢管生产机组,都不是生产高合金钢管的最佳选择。

4 参考文献

- [1] 汤元艺. 新型锥形穿孔机[J]. 钢管, 1991, 20(3): 7-11.
- [2] 金如崧. 无缝钢管百年史话[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008: 183-193, 219-288.
- [3] [日]川并高雄. 无缝钢管生产工艺的发展[J]. 钢管技术, 1984, 13(3-4): 1-11.
- [4] [日]宇多小路. 日本住友公司无缝钢管生产工艺[J]. 钢管技术, 1984, 13(3-4): 86-95.
- [5] 朱景清, 刘雅政, 钟梅, 等. 钢管斜轧延伸时辊型对附加变形的影响. 轧钢, 1995(4): 7-10.
- [6] 陈维津, 朱景清, 姜景利, 等. Φ270 mm 20Mn3 钢连铸圆管坯轧管试验[J]. 钢管, 1994, 23(4): 13-17.

(修订日期: 2010-01-20)

欢迎订阅

《中国钢管飞速发展的10年》