

定径机替代张力减径机轧制的探讨

尹贵乐, 白建亭, 肖云峰, 房旭, 张文亮, 史江欢, 刘学江

(内蒙古包钢钢管有限公司, 内蒙古 包头 014010)

摘要: 文章立足现有设备状态, 利用软件对定径机和其对应热工工具定径机架的尺寸参数进行优化设计, 计算出定径机架的极限加工尺寸, 采用数模仿真技术对极限尺寸内涵盖的轧制规格进行孔型设计和轧制参数优化理论分析。通过对比相同规格轧制张力减径机的相关参数设计, 综合分析设备主机状态及生产效率, 得出了定径机替代张力减径机轧制的极限规格, 为推进定径机替代张力减径机轧制, 提供可靠的理论支持。

关键词: 定径机; 张力减径机; 孔型设计; 数模仿真

中图分类号: TG335.7

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2023)06-0093-06

Discussion on Replacing Stretch Reducing Mill with Sizing Mill for Rolling

*Yin Gui-le, Bai Jian-ting, Xiao Yun-feng, Fang Xu, Zhang Wen-liang,
Shi Jiang-huan, Liu Xue-jiang*

(Inner Mongolia Baotou Steel Pipe Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: In the paper, the dimension parameters of sizing mill and its corresponding hot tool, sizing mill stand are optimized and designed with the software, ultimate machining dimension of sizing mill stand is calculated as well as pass design of rolling specifications within ultimate dimension and theoretical analysis on optimization of rolling parameter are carried out with the numerical simulation technology and existing equipment status. The ultimate specifications of replacing stretch reducing mill with sizing mill are obtained by comparing relevant parameter design of stretch reducing mill for rolling with the same specification as well as comprehensively analyzing the status of host of equipment and production efficiency, which could provide reliable theoretical support for promoting replacing stretch reducing mill with sizing mill for rolling.

Key words: sizing mill; stretch reducing mill; pass design; numerical simulation

内蒙古包钢钢管有限公司 $\Phi 180$ mm 机组为 20 世纪 90 年代意大利 INNSE 公司设计制造的五机架 MINI-MPM 连轧机组, 机组配置了 12 架定径机和 24 架张力减径机, 可生产外径为 108 ~ 244.5 mm、壁厚为 4.5 ~ 35 mm 范围内的多种无缝钢管。其中外径为 168 mm 以上规格无缝钢管使用定径机进行轧制, 而外径 168 mm 以下规格无缝钢管使用张力

减径机进行轧制。随着市场竞争日益严峻, 提高产能、降低成本成了企业生存发展的根本途径, 为此, $\Phi 180$ mm 机组通过优化圆坯规格, 将原有的 $\Phi 173$ mm 坯型改为 $\Phi 194$ mm 坯型, 以提高该系列产能。由于坯型增大, 该系列可轧制规格扩大到 $\Phi 178$ mm, 因此会产生同一坯型来回更换定径机和张力减径机进行轧制的情况, 不仅增加了换辊调试

收稿日期: 2023-10-08

作者简介: 尹贵乐(1984-), 男, 山西省代县人, 高级工程师, 现从事热工具装配技术指导、装配工艺优化、生产技术指导及准备工作。

时间,而且会造成生产断续、成本增加的问题。针对该问题,提出使用定径机替代张力减径机轧制的方案,以达到减少热工具更换调整时间、降低工人换辊作业强度、提高生产连续性、降低制造成本和设备维护费用的目的^[1]。

1 相关概念及论证要求

定径机(sizing mill):实际上是一种空心轧制的多机架连轧机,其任务是在较小的总减径率和较小的单机架减径率条件下,将钢管轧成要求尺寸精度的成品管。

张力减径机(stretch reducing mill):也是一种空心轧制的多机架连轧机,被轧制的钢管不仅受径向压缩,同时还受纵向拉伸,即存在张力,在张力作用下,钢管在减径的同时实现减壁厚,张力越大,减壁厚量越大,即张力减径机除了起定径作用之外,还要求有较大的减径率以实现用大口径管材生产小口径钢管的目的,并且在减径的同时使壁厚减薄或者保持不变,而达到要求尺寸精度。

论证的具体要求如下:

(1)通过对定径机架的改造和辊环尺寸的重新设计,达到定径机架满足轧制张力减径机核心规格 $\Phi 141.54$ mm 孔型(即 $\Phi 139.7$ mm 套管)的要求,并探究出可轧制的极限规格(即最小外径)。

(2)改造尽可能保持原有定径机架内部传动部件规格尺寸不变,保持机架的通用性和零部件的互换性,减少新品备件订购数量。

(3)项目改造后,尽可能不影响轧制节奏,保持原有轧制速度。

2 论证过程

2.1 辊环尺寸计算及设计

利用 AutoCAD 软件,按照辊环原设计尺寸参数,绘制辊环结构图。利用绘图软件计算出,轧制最小孔型 $\Phi 141.54$ mm 对应毛坯辊环尺寸应为 R68(如图 1 所示),与目前在用的最小规格 R82(如图 2 所示)相比,辊环最大外径由 448 mm 增加至 462 mm,半径增加 7 mm,其他尺寸均保持不变。

2.2 机架壳体尺寸

2.2.1 定径机架壳体辊环轮廓

通过查询机架壳体图纸,依据图纸尺寸绘制壳体示意图(等尺寸绘制),并将图 1 所示 R68 规格辊环装配于示意图中。装配正视图、剖视图分别如图

3、图 4 所示。

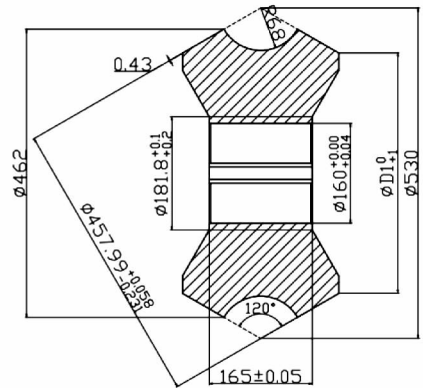


图 1 R68 规格辊环

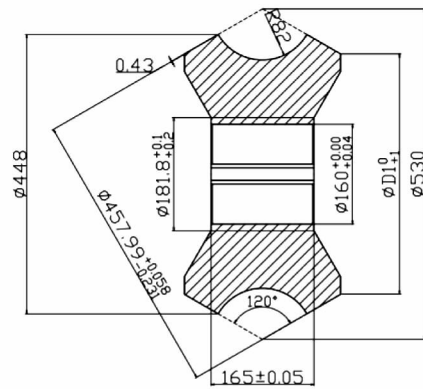


图 2 R82 规格辊环

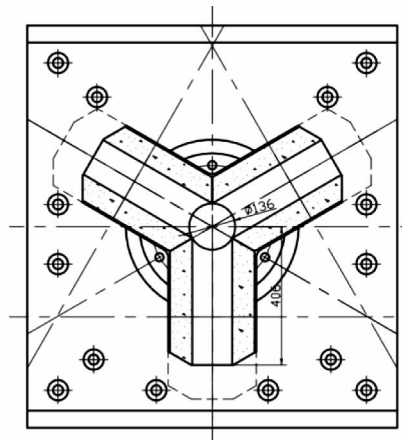


图 3 R68 规格定径机架装配正视示意图

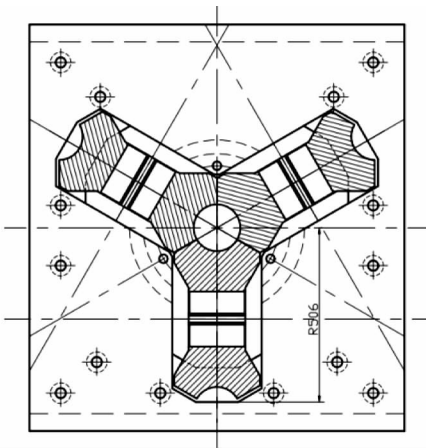


图 4 R68 规格定径机架装配剖视示意图

由图 4 可知,机架壳体尺寸满足 R68 规格辊环的装配使用。由于 R68 规格辊环最大外径增加,通过计算,装配后,机架中心到辊环最大外径的最远距离为 496 mm,因此,需将机架壳体三个辊环轮廓区域的开度按照半径 506 mm 进行铸造和加工,以保证辊环装配后,不与机架壳体发生干涉,影响转动。由此可知,定径机架壳体满足张力减径机孔型对应规格辊环的装配使用要求。

2.2.2 定径机架壳体厚度

查阅定径机机架布局图纸及技术手册,可知定径机架间距为 470 mm,即定径机架最大厚度不大于 470 mm,即可推入定径机架牌坊,不发生相互干涉。

由 R68 规格定径机架侧视示意图(如图 5 所示)可知,定径机架壳体厚度为 430 mm,定位面厚度为 5 mm,辊环居中装配后,R68 规格辊环沿机架壳体垂直方向,最大外径点超出壳体端面 16 mm,超出壳体定位面 11 mm,即单架定径机架壳体有效厚度为 462 mm。

另外,装配 R68 规格辊环后的定径机架间的理论空隙为 8 mm,按照孔型参数车削加工后,实际空隙为 11 mm,即装配 R68 毛坯辊环的定径机架装入牌坊后,相邻两机架间的空隙在 11 mm 以上,转动互不干涉。由此可知,定径机牌坊尺寸满足 R68 规格辊环外径需求,即定径机满足张力减径机核心孔型的加工条件。

2.2.3 定径机架壳体厚度改造

为避免机架在存放和吊运过程中发生辊沿磕碰,同时考虑适当弥补机架壳体刚度下降的客观情况,建议将机架壳体尺寸做如下调整。

(1)保持机架壳体原有定位台尺寸不变(如图 6

阴影所示位置),以避免因调整机床定位尺寸而造成的机架加工精度偏差,最大程度保证所有机架定位精度一致。

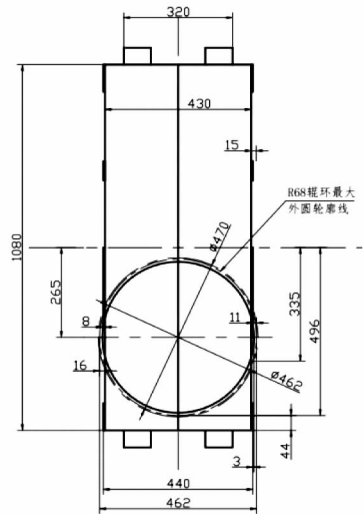


图 5 R68 规格定径机架侧视示意图

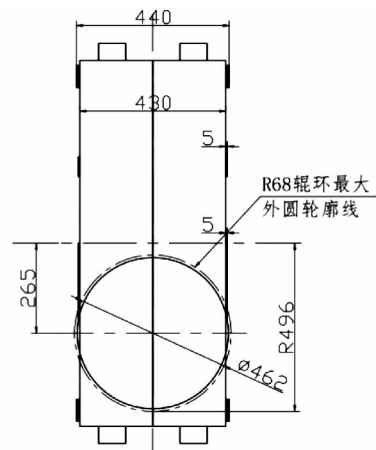


图 6 调整前定径机架壳体侧视图

(2)机架壳体整体厚度保持 430 mm 不变,将壳体局部位置增厚至 465 mm,并将中间圆环状凸起保护台高度同样增厚至 465 mm(如图 7、图 8 阴影所示位置),即机架壳体有效厚度变为 465 mm,大于 R68 辊环的最大外沿尺寸 462 mm,可以有效避免毛坯机架吊运过程中产生辊环磕碰的问题。

上述调整后不但可以适当提高机架壳体刚度,而且保证了机架在机床上的定位精度,同时也有效避免了机架吊运过程中产生的磕碰问题。

参数,未做调整,保证了装配 R68 规格辊环定径机架的通用性和零部件的完全互换。

2.3 定径机技术参数核算

表1 定径机部分技术参数

最大入口速度/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	最大出口速度/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	主机最大转速/($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	调速电机最大转速/($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)
1.2	1.75	1 000	1 350

通过数模运算 $\Phi 141.54$ mm 孔型定径机轧制参数,核对出机组运行具体数据,如表2所示。

表2 $\Phi 141.54$ mm 孔型定径机数模运算部分技术参数

最大入口速度 /($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	最大出口速度 /($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	主机最大转速 /($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)
1.2	1.412	930.7

由表1和表2,对比定径机技术参数和数模运算得出的参数,得出如下结果:

(1) 轧制 $\Phi 141.54$ mm 孔型,入口速度为 1.2 m/s,等于主机最大入口速度。

(2) 轧制 $\Phi 141.54$ mm 孔型,出口速度为 1.412 m/s,小于主机最大出口速度 1.75 m/s。

(3) 轧制 $\Phi 141.54$ mm 孔型,主机转速为 930.7 r/min,低于 $1 000$ r/min 主机转速,低于 $1 350$ r/min 调速电机转速。

由此可知,使用定径机替代张力减径机轧制 $\Phi 141.54$ mm 核心孔型满足定径机运行条件。

查询 $\Phi 141.54$ mm 孔型现用张力减径机轧制数模计算结果^[2-3],机组运行技术参数如表3所示。

表3 $\Phi 141.54$ mm 孔型张减机数模运算部分技术参数

最大入口速度 /($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	最大出口速度 /($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	主机最大转速 /($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)
1.2	1.450	919.4

由表2和表3,对比定径机数模运算技术参数和张减机数模运算技术参数可知,改为定径机轧制后,轧制出口速度为 1.412 m/s,比张力减径机轧制出口速度 1.450 m/s 降低 0.038 m/s,降速 2.62% ,按三倍尺 38.3 m 计算,改为定径机轧制后,轧制节奏增加 0.711 s,对轧制速度影响较小。因此,使用定径机替代张力减径机轧制 $\Phi 141.54$ mm 核心孔型(即 $\Phi 139.7$ mm 规格)满足产线生产节奏需求。

查询机组技术参数手册,可知定径机基本技术参数,如表1所示。

3 极限尺寸核算

以机组技术参数手册中标定的定径机架间距 470 mm 为极限尺寸设计辊环,得出辊环规格为 R60,如图10所示。

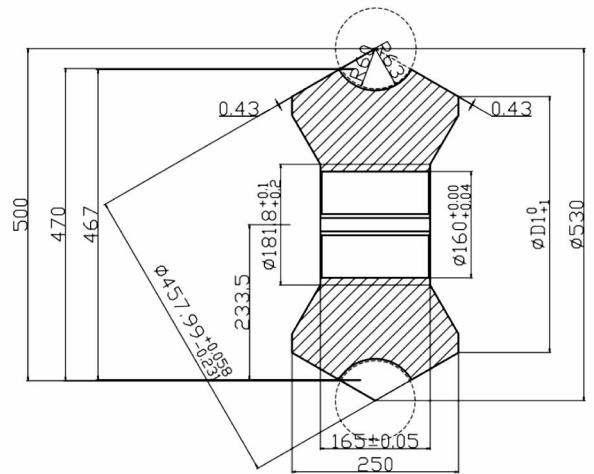


图10 R60规格辊环

结合装配偏差和加工余量考虑,装配 R60 规格辊环的定径机架,最小可车削孔型规格为 $\Phi 128.48$ mm,即原张力减径机轧制的另一核心孔型—— $\Phi 127$ mm 车轴管。

经过对 R60 辊环尺寸和装配后机架壳体变动数据进行计算,结合数模运算数据对比分析,可知定径机替代张力减径机轧制的极限尺寸为 $\Phi 127$ mm 规格。

结合包钢钢管公司各条产线产品规格布局情况,当前 180 产线最小轧制规格为 $\Phi 127$ mm,由此可知,原张力减径机所涵盖的轧制规格,可以全部由定径机替代轧制,实现 $\Phi 180$ mm MINI-MPM 连轧辊机组全规格定径机轧制。

4 结论

(1)使用定径机可以满足轧制张力减径机孔型的要求,Φ180 mm 机组可实现全规格定径机轧制。

(2)使用定径机可以轧制的极限产品为Φ127 mm车轴管,即 Φ128.48 mm 孔型。

参 考 文 献

[1] 李元德,朱燕玉,贾立虹,等. 连轧管机组发展

历程及生产技术[J]. 钢管,2010,39(2): 1-13.

[2] 李金锁,吕庆功. 无缝钢管张力减径张力系数的理论计算与分析[J]. 钢管,2015,44(3): 40-43.

[3] 郭海明,李琳琳,张尧,等. 三辊微张力定(减)径工艺设计探讨[J]. 钢管,2021,50(6): 50-55.

(上接第88页)

加快“双碳”目标的实现,在加热炉设计与管理上要加强开展技术改造与创新工作,扩大新材料、新技术的应用范围。

参 考 文 献

[1] 苏广江,郑东升. 蓄热式加热炉实际应用浅析[J]. 冶金能源,2007(2):38-40,61.

[2] 罗国民. 蓄热式高温空气燃烧技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2011.

[3] 周暉,王浩,朱宗铭,等. 蓄热式加热炉热平衡计算及节能技术的研究[J]. 冶金能源,2008(6):22-26.

[4] 戚翠芬. 轧钢原料加热[M]. 北京:冶金工业出版社,2013.