

天钢 $\phi 258$ PQF 连轧管机组介绍

周晓锋, 张传友

(天津钢管集团股份有限公司 技术中心, 天津 300301)

摘要:天津钢管集团股份有限公司于2008年4月建成投产了目前世界上最先进的 $\phi 258$ PQF连轧管机组,这是公司的第3套PQF连轧管机组。介绍了 $\phi 258$ PQF连轧管机组的工艺流程,同时对该机组的穿孔机、PQF Plus连轧机、脱管机和定径机的技术参数和设备特点以及工艺控制系统和质量保证系统进行了说明。

关键词:连轧管工艺;PQF Plus;技术参数;设备特点

中图分类号:TG338 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1447(2009)05-0046-05

Introduction to $\phi 258$ PQF continuous pipe rolling mill newly built at Tianjin Pipe (Group) Corp.

ZHOU Xiao-feng, ZHANG Chuan-you

(Technology Center, Tianjin Pipe (Group) Corporation, Tianjin 300301, China)

Abstract: In order to increase the capacity of high value-added and hi-tech seamless pipes, the third set of continuous pipe rolling mill line was completed and put into operation in April 2008 at Tianjin Pipe (Group) Corporation. The $\phi 258$ PQF continuous pipe rolling line is one of the most advanced rolling mills in the world. The process flow of $\phi 258$ PQF continuous pipe rolling mill is introduced in this paper. In addition, the technological parameter and equipment characteristics of piercer, PQF Plus continuous pipe rolling mill, extracting mill and sizing mill and process-control system, as well as quality assurance system are described in detail.

Key words: continuous pipe rolling technology; PQF Plus; technological parameter; equipment characteristics

天津钢管集团股份有限公司 $\phi 258$ PQF连轧管机组产品定位在既能生产高技术含量、高附加值的高端产品,又可生产精度高、品质好的一般产品。它的建成,可填补公司在 $\phi 168 \sim 245$ mm规格内高钢级、高附加值产品的生产、设备能力空缺,使公司完全具备 $\phi 32 \sim 720$ mm各种规格无缝钢管生产能力,成为国内第一家产量最大、规格系列、高附加值品种最完善的无缝钢管生产企业。 $\phi 258$ PQF连轧管机组采用带导板锥形辊穿孔机加6机架PQF Plus连轧管机加3机架脱管机加14机架微张力定径机生产工艺,于2007年9月5日开始设备安装,2008年4月25日 $\phi 258$ PQF连轧管机组热负荷试车一次成

功。

1 $\phi 258$ PQF 连轧管机组工艺简介

1.1 机组的产量、规格、品种

$\phi 258$ PQF连轧管机组设计能力为年产50万t,该机组生产的无缝钢管的外径范围为114~245 mm,壁厚范围为4.0~30 mm,80%以上的产品为油井管,还生产管线管、锅炉管、气瓶管等专业管。

1.2 生产工艺流程

合格的 $\phi 210$ 、250、270 mm连铸圆坯由冷锯锯成1500~4800 mm的定尺,逐根称重后由 $\phi 42$ m环形加热炉进行加热,坯料加热到工艺要

求温度后送往穿孔机穿轧成毛管。经吹除氧化物剂的毛管被移到 PQF 连轧管机前台,插入芯棒后进入 6 机架 PQF 连轧管机轧制,毛管在进入连轧管机前用高压水对毛管表面进行除鳞。从连轧管机轧出的荒管由 3 机架脱管机进行脱管,脱管后芯棒返回前台,经冷却、润滑后循环使用。脱管后的荒管由辊道送往 14 机架微张力定径机轧制到成品钢管要求的尺寸,定径机前设有高压水除鳞装置,再在冷床上进行冷却。

钢管经冷却后,成排送往冷锯切成需要的定

尺长度,再送往六辊式矫直机进行矫直,矫直后的钢管经吸灰后进行管体无损探伤,对于有缺陷的钢管进行人工在线修磨、人工探伤、切管;对于无缺陷的合格钢管经测长、称重、人工最终检查,检查后一般管经喷印标志后进行收集,存入成品仓库。需要进一步加工的石油套管管体、管线管、高压锅炉管等,收集后存放在中间库内,然后根据各自不同的加工工序送往相关生产线继续加工。 $\phi 258\text{PQF}$ 连轧管机组生产工艺流程图见图 1。

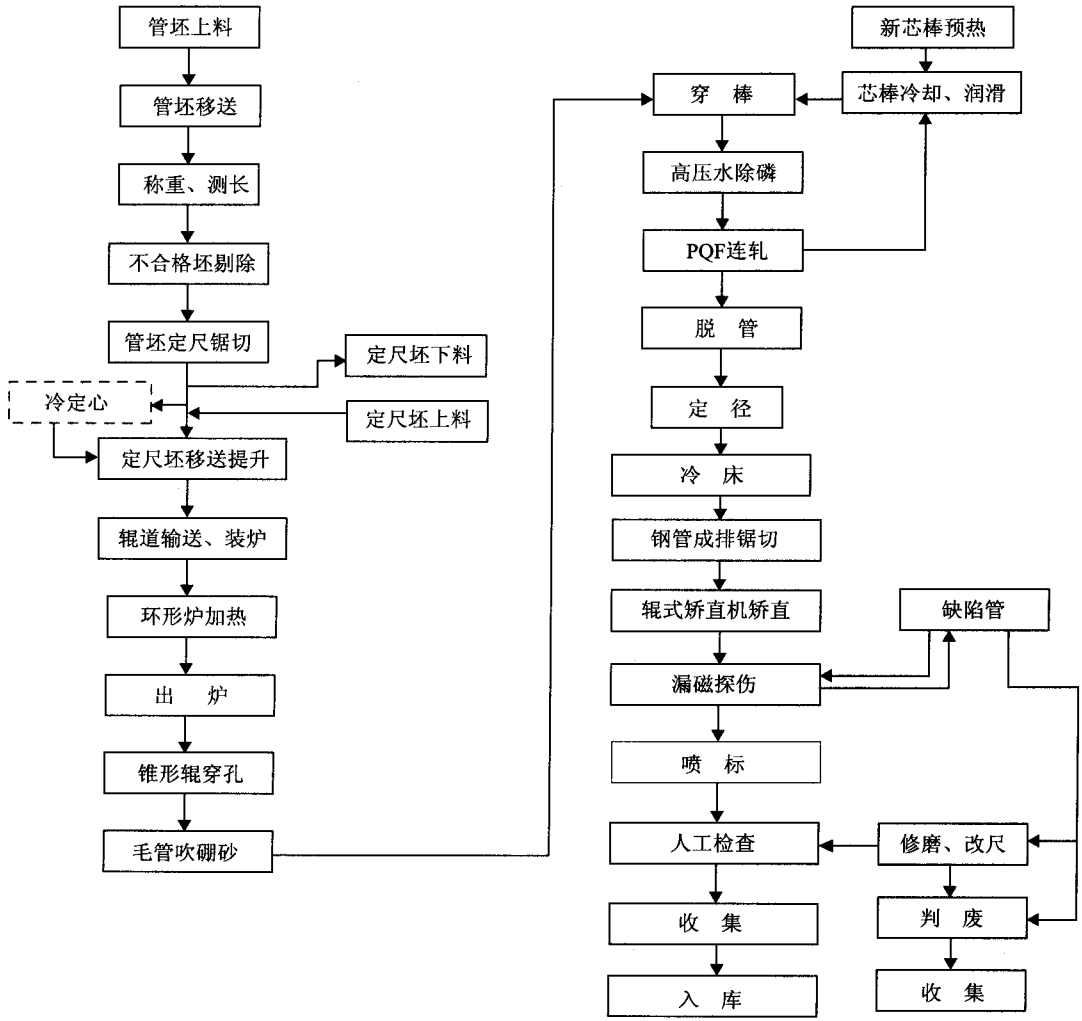


图 1 $\phi 258\text{PQF}$ 连轧管机组生产工艺流程图

2 $\phi 258\text{PQF}$ 连轧管机组主要变形设备技术参数和特点

2.1 锥形辊穿孔机

穿孔机为最新式的锥形辊穿孔机,轧辊为立式布置,设备技术参数见表 1。穿孔机后台设有 8

(1+7)组三辊定心辊装置(其中 1 组设于穿孔机机架内的出口处),轧制时用来支持顶杆并给毛管导向,以保证管长方向上壁厚公差均匀性。

锥形辊穿孔机的轧辊是锥形的,在出口方向逐渐加大,与穿孔时的金属流动速度逐渐增加相一致,从而减少了作用在管坯上的周向剪切力,有

表 1 穿孔机技术参数

喂入角/ (°)	轧角/ (°)	轧辊直径/ mm	辊身长度/ mm	轧辊转速/ (r·min ⁻¹)	轧制力/ kN	轧制力矩/ (kN·m)	主电机额定功率/ kW	入口管坯外径/ mm	入口管坯长度/ mm	出口毛管外径/ mm	出口毛管长度/ mm	出口速度/ (m·s ⁻¹)
8~15	15	1 180	900	Max 120	6 000	1 400	5 500×2	210、250、 270	Max 4 800	229、277、 308	Max 11 000	Max 1.49

利于减少内外表面缺陷,可以穿制不锈钢、镍铬合金、镍基合金等难变形金属及管壁较薄的毛管。与其它穿孔机相比,锥形辊穿孔机具有以下优点。

(1)穿孔效率高,穿孔速度可达 1~1.5 m/s,穿孔周期短,产量高,适合与连轧管机配套使用。

(2)适于穿孔连铸坯及难变形的金属,由于锥形工作辊及其碾轧角的作用,改善了金属的变形及运动学条件,抑制了金属变形过程中的旋转锻造效应,因此,可穿轧出内部缺陷少、表面质量好、同心度和壁厚均匀性高的毛管,毛管壁厚不均可在 5%~6% 以下。

(3)实现大延伸、大扩径量穿孔,延伸系数可达 4~5,扩径量可达 30%~40%,这有利于扩大产品规格,减少管坯规格数量。

(4)配备了 CARTA 工艺系统,该系统具有工艺及孔型设计、工具管理、过程管理功能,可优化工艺参数和生产管理,提高产品质量,降低生产成本。

2.2 PQF 连轧机

φ258 连轧管机组采用了德国 SMS Meer 最新型 PQF 连轧机——PQF Plus 连轧机,连轧机技术参数见表 2。PQF Plus 连轧机既保持了传统 PQF 连轧机的优点,又进行了改进提高,与现有 PQF 连轧机相比,PQF Plus 连轧机的主要特点如下。

(1)机组采用 6 机架形式,实现了连轧机组更高的总延伸系数,同时减低了单机架的延伸系数。由于降低了每个机架的延伸系数,使得轧制力降低,从而可以减小轴承的尺寸,允许使用更小的名义尺寸,获得更平滑的金属流,从而得到更高的轧制稳定性,使得从极薄壁管到高合金钢管等各种规格材质的钢管能够得到更稳定的轧制状态,可以得到非常精确的钢管几何尺寸,提高成材率,提高轧辊和芯棒的使用寿命。

(2)由于实现了连轧机组更高的总延伸系数,这样带来的是穿孔机、PQF 连轧机总延伸系数分配的改变,可以降低穿孔机的延伸系数,从而使得连轧机组可以得到更厚(温度较高)的毛管,降低变形应力,提高轧制质量。

(3)PQF Plus 连轧机的机架具有通用性和互换性,在机架装配中首次运用互换性的通用设计理念,6 个机架的部件尺寸一致,大大减少了备件种类和数量,所有机架都可以在任何 1 个轧机底座上使用,做到了最大限度的通用,这一点在现有的 PQF 中是做不到的。

(4)PQF Plus 连轧机采用侧面换机架方式,可以选择单独更换任何 1 个机架,在单个机架更换时不需要将所有机架拉出,即使在更换所有机架时,也比原来的轴向更换方式节省 50% 的时间。

(5)PQF Plus 连轧机的轧辊采用了辊环设计,新设计的轧辊用辊环安装在可长期使用的轧辊轴上,这种辊环磨损超差后可以直接更换新的辊环而轧辊轴还可继续使用,这种辊环制造的机械性能更加优良,可以采用离心铸造技术,以提高耐磨性,延长辊环的使用寿命,降低生产成本。

(6)PQF Plus 连轧机的机架和轧机底座是六边形的,可以获得比传统 PQF 更高的刚性。

2.3 脱管机

脱管机为单电机 3 机架 3 辊式,主机座采用框架式结构,轧辊机架采用三辊内传动形式,电机为交流变频调速电机,脱管机技术参数见表 3。

采用 3 机架 3 辊脱管机在线脱管,提高产品质量,并且可防止脱管时在钢管上产生压痕。在线脱管缩短了芯棒与荒管的接触时间,可以减少荒管的温降和温度不均,有利于减小脱棒时的脱棒力及荒管包芯棒事故。脱管机采用 3 辊不可调轧机,机架规格尺寸与公司 φ250MPM 机组现有机架完全相同,操作维护简单,工作可靠,备件可以统一互换。

2.4 定径机

定径机采用 3 辊不可调式 14 架微张力定径机组,定径机技术参数见表 4。机架规格尺寸与公司 φ250MPM 机组现有机架完全相同,操作维护简单,工作可靠,备件可以统一互换。定径机最大总减径率 33.5%,单机架减径率最大 3.5%,壁厚增加较小,管壁增厚的绝对压下量最大 1.7 mm。

表 2 连轧机技术参数

轧制参数											轧机传动			
PQF 入口			PQF 出口			轧制速度		轧辊参数			1、2、3、4 号轧机		5、6 号轧机	
入口毛 管外径/ mm	入口毛 管壁厚/ mm	入口毛 管长度/ mm	出口荒 管外径/ mm	出口荒 管壁厚/ mm	出口荒 管长度/ mm	入口 速度/ (m·s ⁻¹)	出口 速度/ (m·s ⁻¹)	名义 直径/ mm	轧制 力/ kN	轧制 力矩/ (kN·m)	功率/ kW	转速/ (r·min ⁻¹)	功率/ kW	转速/ (r·min ⁻¹)
229、277、 308	17.3~ 48.3	Max 11 000	191、235、 263	4~35	Max 30 000	Max 1.5	Max 5.0	790~ 840	320	143	800× 3×4	360/720~ 1 100	600× 3×2	360/700~ 1 100

注:机架数量为 6 架 PQF; 芯棒支撑机架数量为 4 架,轧辊材质为铸铁

表 3 脱管机技术参数

机架数	传动功 率/kW	入口参数			出口参数			
		入口荒管 外径/mm	入口荒管 壁厚/mm	入口荒管 温度/℃	出口管 外径/mm	出口荒管 壁厚/mm	出口荒管 长度/mm	出口速度/ (m·s ⁻¹)
3 架	1 000	191、235、 263	Max 35	950~1 150	182.4、224.8、 251.3	4.1~35.5	Max 30 500	Max 5.1

表 4 定径机技术参数

传动功 率/kW	机架间 距/mm	轧辊名义 直径/mm	入口管 外径/mm	入口荒管 壁厚/mm	入口荒管 温度/℃	入口速度/ (m·s ⁻¹)	出口速度/ (m·s ⁻¹)
1 000+1 000	500	550	182.4、224.8、251.3	Max 35.5	(850)900~1 050	Max 2.5	Max 3.5

注:机架数为 14 架,传动形式为主电机加叠加电机

3 工艺控制系统和质量保证系统

3.1 穿孔机、连轧机和定径机计算机工艺
辅助设计系统(CARTA)

采用 CARTA 系统的穿孔机可以优化穿孔过程,生产出高质量的毛管。穿孔机 CARTA 系统主要包括穿孔机的顶头等工模具的设计模块、存储工模具参数以及工艺参数设定的数据库。这些可以帮助工艺人员进行工具设计数据的管理和优化,便于数据的分析,为更好地实现系统管理提供了方便。

配备了带有机液压设备与自动化过程相连的 CARTA“技术包”的 PQF 连轧机能在任何工作条件下得到最佳质量的荒管。连轧机 CARTA 系统主要包括 PQF Plus 连轧机的 PSS 系统、HGC 系统和 HCCS 系统。

定径机 CARTA 系统包括设计、优化、管理轧辊孔型和过程计划,其中包括轧辊孔型设计、工艺参数的设定。定径机 CARTA 的孔型设计系统用来计算轧辊孔型尺寸,计算结果作为设计数据储存在孔型数据库中并提供给机加工工序。定径机 CARTA 系统的机架管理补充了工艺系统到机架加工间的数据交流,有利于机架加工的组织工作。

3.2 PQF Plus 连轧自动辊缝控制系统
(HCCS)

HCCS 是 1 个闭环控制系统,能实现辊缝在轧钢过程中的自动调整,体现了带位置传感器的液压缸快速而准确定位的优势。使用 HCCS 系统控制连轧机的液压压下装置的动作,实现辊缝控制,另外,通过工艺参数的计算和控制实现温度补偿、咬入冲击控制、锥形芯棒伺服、头尾削尖等功能。

(1)温度补偿。根据入口测温装置读出的温度采样数据,在轧制过程中实现辊缝的微调,以改善轧制物料因长度方向上的温度不均所形成的壁厚差异。

(2)咬入冲击控制。依据轧机弹跳模量数据计算出咬入和抛钢瞬间的辊缝弹跳值,按照此参数控制轧机辊缝预压下,在加载和卸载信号出现前后,控制连轧压下缸的动作,从而补偿因轧机弹跳造成的钢管头尾壁厚增量。

(3)锥形芯棒伺服控制。使用锥形芯棒伺服控制功能,通过对芯棒锥度的计算,控制压下缸的工作行程,实现依据芯棒长度方向上的锥度计算出的辊缝值,进行实时控制,从而补偿因锥形芯棒使用造成的钢管长度方向上的壁厚差异。

(4)头尾削尖功能。通过对压下缸位置和电

机转速的精确快速控制,实现轧制出的物料头尾壁厚减薄,从而抵消后序空变变形过程行程的头尾壁厚增量。降低切头尾长度,提高成材率。

3.3 PQF Plus 连轧机的过程监控系统 (PSS)

PSS 能够实现工艺参数的设定和生产工艺的过程控制,操作人员和技术人员可以根据 PSS 提供的信息,调整轧制参数,达到优化产品质量的目的。PSS 具有如下功能。

(1)通过 PSS 系统中的数学模型,计算各种规格在不同轧制工具参数下的工艺设定参数,同时,为 HCCS 系统实现上述功能计算不同的控制参数。

(2)采集连轧机和脱管机各个单辊的电机扭矩、电机速度、轧制力、压下缸行程、限动齿条电机扭矩及电机速度。以上信号经过系统的分析,以图表化的曲线方式显示在监控终端上,操作工依据这些反馈信息对轧机生产过程进行监控,同时通过分析各类曲线的趋势,对轧机进行相应的调整。

(3)上述提及的采样信号,以数字化的形式进行存档,形成质量的原始记录,工艺技术人员可以随时调用这些数据进行工艺研究和轧制过程分析。按照分析出的结论和成果优化数学模型,使生产过程得到控制和优化,实现质量活动的闭环控制。

3.4 设置多层次在线检测装置

设置多层次钢管在线检测装置是确保现代化机组连续、稳定生产以及获得高质量产品的重要手段之一。 $\phi 258$ PQF 连轧管机组多层次钢管在线检测包括 13 个方面的内容,即管坯切割前的称重和长度检测;穿孔前的管坯温度检测;穿孔后毛管外径和长度测量;穿孔后毛管温度测量;穿孔机的轧制功率、轧制力、轧制速度测量;连轧前毛管温度测量;连轧机的轧制功率、轧制力、轧制速度测量;连轧机芯棒表面温度测量;芯棒限动力和速度测量;脱管机的轧制功率和轧制速度测量;脱管机出口荒管长度测量;脱管机后热态荒管壁厚、外径测量;脱管机后热态荒管温度测量;定径前的荒管温度测量;定径机轧制功率和轧制速度测量;定径后的钢管直径、壁厚和长度测量;定径后的钢管

温度测量。采用各种检测和探伤装置,对钢管逐根进行尺寸测定、缺陷检查、标记,以进行严格的质量控制。

管坯称重的目的是控制来料超重,实现物料按支跟踪。管坯和钢管测温采用红外测温仪,目的是监测来料或出料温度是否符合工艺要求,指导炉子加热优化,确保所轧钢管的质量和性能。芯棒测温采用红外线测温仪,目的是检测芯棒温度是否在规定范围内,保证芯棒润滑满足工艺要求,提高芯棒使用寿命。

测量穿孔后的毛管实际外径和长度值,再结合管坯的重量(取自物料跟踪系统的管坯称重装置)、直径、长度计算得出毛管的壁厚,实现穿孔监控。

脱管机和定径机后测厚、测径,可及时发现壁厚和外径超差、偏心过大或多边形严重等问题,便于自动系统实时壁厚控制。

在生产线上采用引进的 QAS 系统,在线测量壁厚并控制壁厚公差,同时通过测量外径和长度,提高钢管轧制精度。

在精整线上配备无损探伤装置,保证钢管质量满足要求。

4 结 语

本文描述了 $\phi 258$ PQF 连轧管机组的工艺流程,介绍了穿孔机、PQF Plus 连轧机、脱管机和定径机的技术参数和设备特点,阐述了其工艺控制系统和质量保证系统特点,尤其是该机组采用了德国 SMS Meer 最新型 PQF 连轧机——PQF Plus 连轧机,PQF Plus 连轧机既保持了传统 PQF 连轧机的优点,又进行了改进提高,这些都足以说明 $\phi 258$ PQF 连轧管机组是目前世界上最先进的限动芯棒热连轧管生产机组,代表了最先进的热连轧无缝钢管工艺设计和过程控制水平。同时该生产线只有 PQF Plus 连轧机、探伤机等少数关键设备为国外进口,大部分设备为国内设计制造,这也必将推动我国设备制造工艺技术的进步。

(收稿日期:2009-02-24)