

1200mm 四辊平整机设计

大连重工·起重集团有限公司设计研究院 任际军

摘要:以某钢厂1200mm四辊平整机为例,介绍了其工作原理、技术特点、基本参数及关键控制设备的计算和装机水平。

关键词:1200mm冷轧; 四辊平整机;

1 前言

我公司为某钢厂设计制造了一套1200mm冷轧机组,并配有一条1200mm四辊平整机组。1200mm四辊平整机是平整机机组的核心设备,主要控制带钢的平整率,从而实现对带钢的平整轧制。该项目是我公司首次承接的冷轧项目,设备配置复杂,技术水平要求高,设计难度极大,因此对该项目的关键设备—四辊平整机及其关键技术进行分析是十分必要的。

2 平整机的工作原理及结构

2.1 工作原理

冷轧带钢经过再结晶退火,消除了加工硬化组织,但却使力学性能和加工性能变差。这时带钢的应力曲线具有明显的上屈服极限,并且在下屈服极限出现屈服平台。平整机的作用就是改善带钢的组织结构,消除带钢退火后的屈服平台,以达到下一步加工的性能要求,同时它还能改善带钢的平直度和表面质量。

2.1.1 平整率的概念

平整率是平整工艺中控制带钢力学性能的唯一变形指标,平整率是采用与压下率成正比的延伸率 μ 来表示的,即带钢长度的变化率。采用平整轧制后带钢的相对伸长为:

$$\mu = \frac{L_1}{L_0} - 1) \times 100\% \quad (1)$$

式中:

μ —平整率,即平整带钢的延伸率,%;

L_0, L_1 —平整前、后的带钢长度。

根据公式可知, $\frac{L_1}{L_0}$ 就是轧件的延伸系数,

即 $\frac{L_1}{L_0} = \frac{1}{1 - \mu}$, 可得:

$$\mu = \left(\frac{L_1}{L_0} - 1 \right) \times 100\% \quad (2)$$

由于平整轧制时宽展很小(可忽略),因此,可采用延伸系数和压下率(相对压下量)之间相互关系式:

$$\mu = \frac{1}{1 - \Delta} \quad (3)$$

结合公式2与3,就得到了平整率。采用压下率可表示为:

$$\Delta = \frac{L_0 - L_1}{L_0}$$

平整轧制时由于压下率很小,一般情况下,冷轧小于3%,热轧小于5%,可以认为在进行平整轧制时平整率和压下率相等,即 $\mu = \Delta$ 。

2.1.2 平整率的控制

不同的钢种、原料状况、厚度及使用工况,对于平整率的要求不同。深冲钢平整时的变形率一般采用0.6%~1.4%;对于薄钢带或薄钢板,如果用于包装,一般平整率约为1%~3%,有时还进行强化变形。

平整率的控制手段主要有轧制力控制和张力控制。由于轧制力与平整率基本上成线性关系,通常采用轧制力控制方法,在这种情况下不设置张力辊(S辊)。当设置张力辊时,其控制方式和手段就更加复杂,对带钢平整率控制能力就更强,可以单独进行轧制力、张力调节,或张力与轧制力联合调节。

2.2 结构组成

平整机主要由机架装配、工作辊装配、支承辊装配、AGC缸块、斜楔阶梯垫调整装置、防颤辊、防皱辊、弯辊缸装配、湿平整液喷射装置、上空气吹扫及防缠导板、下空气吹扫及导板等组成。其前面设有开卷机,前张力辊,入口测张辊;后面设有事故剪、出口测张辊、后张力辊和卷取机等设备,立面布置见图1。

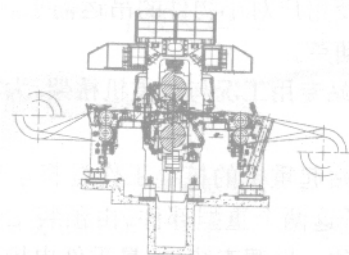


图1 平整机立面布置

不同的平整率控制方式所决定的整个平整线的生产能力和技术水平不同。采用轧制力控制,其控制水平低,设备配置简单,因而设计容易,难度

低;采用轧制力、张力控制,则控制水平高,设备配置复杂,设计难度也增加很大。为了设计出高水平的1200mm冷轧平整机组,以满足用户的要求,经研究分析,决定采用张力与轧制力进行联合调节的方法对1200mm四辊平整机进行平整率控制;平整机采用压力反馈和位置反馈进行压下控制,测张辊采用张力计反馈进行张力控制。

3 平整机的主要特点

该平整机具有以下特点:

(1) 不可逆式。所设计的四辊平整机为不可逆式,只能进行单道次平整轧制。

(2) 前后张力控制轧制。平整机平整率的控制是通过调节平整机入口和出口侧带钢的张力、平整机轧制力以及调节机前后张力辊的速度来实现的,因此,除了设置前后张力辊外,在平整机的前后还分别设置有专门的测张辊。

(3) 下辊传动。平整机上工作辊不进行传动,它是随着带钢的运动速度而变化,只用主电机通过十字头万向接轴单独传动下工作辊,所以轧制过程平稳,钢带表面质量好。从而避免了当上下辊径稍有失配时,由于采用普通齿轮机座,而引起在一根连接轴中产生很高的力矩,出现轧件打滑和轧制振动现象。

(4) 弯辊力大。由于设计的弯辊力达370kN,弯辊能力强,对带钢缺陷的纠正能力大,可根据带钢的中间或边部缺陷特点,对工作辊进行强力正负弯辊控制。

(5) 轧机刚度系数高。为了提高轧机的刚度,机架牌坊采用整体铸造式,其立柱断面设计为 $50 \times 52 = 2600 \text{cm}^2$,单片牌坊净重达37.8t。经过有限元计算分析,轧机牌坊最大应力为39.7MPa,垂直方向最大变形为0.39mm,轧机的静压靠刚度大于12000kN/mm。由于平整机辊系尺寸大,支承辊直径为1100mm,工作辊直径为500mm,所以提高了轧机的刚度。

(6) 平整机轧制力大。通常1200mm平整机最大平整压力为5000kN,而该机的轧制能力设计为10000kN,单位宽度轧制能力为8kN/mm。

(7) 轧制速度快。通常,相近规格平整机的最大轧制速度为290m/min,而该平整机穿带速度为200m/min,最大轧制速度为600m/min,生产效率更高。

(8) 采用全液压辊缝调节,下设长行程液压压下AGC缸,上设液压阶梯垫与液压斜楔联合调整装置,实现辊缝液压APC设定和辊缝AGC控制。

4 平整机的参数

4.1 四辊平整机的基本参数

确定适当的基本参数对发挥轧机效率、降低生产成本及提高产品质量有着非常重要的意义。

1200mm四辊平整机组轧制的钢种有低碳钢、碳素结构钢和优质碳素钢,产品定位以低碳钢为主,其比例约占全部产品的65%。根据产品的定位,以确定平整机的基本参数见表1,其综合指标见表2。

表1 四辊平整机的基本参数

序号	项目	参数值	单位	备注
1	轧机型式	四辊不可逆		
2	带钢厚度	0.2~2.3	mm	
3	带钢宽度	700~1100	mm	
4	钢卷卷径	外径 1250~1900	mm	卷重 max.20t
		内径 610	mm	
5	延伸率	3%		max.
6	轧制力	10000	kN	max.
7	轧制力矩	20	kN·m	max.
8	正负弯辊力	370	kN	max(单侧)
9	穿带速度	200	m/min	
10	轧制速度	600	m/min	max.
11	工作辊	500/ 440×1250	mm	
12	支承辊	1100/ 1000×1200	mm	
13	液压AGC缸	2- 600/ 520×180	mm	全液压
14	AGC压下速度	0~3~7	mm/s	
15	主电机	DC, 750, 300/600	kW, r/min	
16	入口张力	5.2~52	kN	
17	出口张力	8~80	kN	

表 2 四辊平整机的综合指标

序号	1	2	3	4	5
项目	D_B/D_W	D_W/h_{\min}	L/D_W	WL	P_{\max}/L
数值	2.2	2500	2.5	0.60	8
单位				kW/mm	kN/mm

其中:

D_B —支承辊直径;
 D_W —工作辊直径;
 h_{\min} —产品最小厚度;
 L —辊身长度;
 W —轧机总功率;
 P_{\max} —最大轧制力。

4.2 关键控制设备的计算

平整机的平整率和带钢的板形质量不但受轧制力、轧制速度和前后张力的影响,而且还受弯辊力的影响。下面对影响轧制力和弯辊力的关键控制设备,即 AGC 缸和弯辊缸进行计算和校核。

4.2.1 液压压上 AGC 缸的计算

根据表 1 可得:总轧制力 $P_{\text{总}}=10000\text{kN}$,单侧轧制力 $P=\frac{P_{\text{总}}}{2}=5000\text{kN}$;下工作辊质量约为 $M_1=6.5\text{t}$,下支承辊质量约为 $M_2=32.5\text{t}$;系统压力为 $P_{\text{系统}}=28\text{MPa}$,考虑到伺服阀的压差,到达 AGC 缸工作点处的最高压力按 $P=25\text{MPa}$ 考虑。

求:液压 AGC 缸的活塞尺寸 D 和活塞杆尺寸 d 则:

下工作辊,下支承辊的质量之和 $M_{\text{总}}=M_1+M_2=39\text{t}$,则作用在单侧 AGC 缸上的下辊系质量 $M=\frac{M_{\text{总}}}{2}=19.5\text{t}$,折算成重力:

$$G=9.8 \times M \times 1000=191100\text{N}.$$

在润滑状态良好的情况下,下辊系轴承座滑板与牌坊的摩擦系数取 $f=0.1$,则摩擦力:

$$F=f \times P=500\text{kN}$$

忽略其他作用力,则作用在单侧液压 AGC 的力 $P=P+F+G=5691100\text{N}$

$$\text{根据液压基本公式: } P=P \times \frac{D^2}{4}$$

$$\text{得: } D=\sqrt{\frac{4P}{P}}=538.4\text{mm}$$

以上计算未考虑系统快速响应的要求和缸体本身的摩擦阻力、有杆腔的背压影响及出现偏载等情

况,在此计算所得到的 $D=538.4\text{mm}$ 只考虑了主要载荷,即轧制力、轴承座滑板的摩擦力和辊系重力的最小数据。

根据综合工况考虑,设计取活塞值 $D=600\text{mm}$,活塞杆取 $d=520\text{mm}$ 。实践证明,该 AGC 缸的参数设置可满足其长行程、高响应伺服控制的要求。

4.2.2 液压弯辊缸的计算

工作辊弯辊液压缸工作时,根据带钢的缺陷按照工艺要求对工作辊进行弯辊控制,以获得良好的带钢质量。弯辊缸能起到平衡的作用,消除辊系之间,辊系与上阶梯垫及斜楔之间,斜楔与垫板和牌坊横梁之间的间隙,还能避免轧制过程中的冲击,维持稳定的轧制过程。事实上,弯辊力比所需要的平衡力大得多,因此计算时不需要考虑平衡力,只需用弯辊力作为计算的主要指标。

单侧正负弯辊力 $P_{\text{总}}=370\text{kN}$,则:单侧单缸弯辊力 $P=\frac{P_{\text{总}}}{2}=185\text{kN}$,系统压力为 $P_{\text{系统}}=28\text{MPa}$,考虑到伺服阀的压差,到达弯辊缸工作点处的最高压力按 $P=25\text{MPa}$ 考虑。

求:液压弯辊缸的活塞尺寸 D 和活塞杆尺寸 d 。

$$\text{根据液压基本公式: } P=P \times \frac{D^2}{4}$$

$$\text{可得: } D=\sqrt{\frac{4P}{P}}=97.07\text{mm}$$

以上结果是按照正弯辊情况计算,根据计算结果初选 $D=120\text{mm}$,活塞杆取 $d=70\text{mm}$ 。然后按照负弯辊情况,对选取的数值进行校核。

负弯辊时,弯辊力按照下列公式计算:

$$P=P \times \frac{D^2 - d^2}{4}$$

$$\text{则: } P=186532.1 \quad N > 185\text{kN}$$

可见所确定弯辊缸的尺寸数值可以满足正、负弯辊时力的需要。

5 轧机装机水平

(1) 采用平整新工艺

该平整机不仅采用了常规的干法平整,还采用了近些年来新发展的湿法平整。进行常规干法平整时,采用 4kPa 的负压吸粉尘装置以吸收带钢表面的碳化粉末及油污;为了取得更好的带钢质量,安装工艺要求进行湿平整轧制,湿平整总流量为 10L/min 。

(2) 液压控制水平

由于平整机液压 AGC、正负弯辊力控制及斜楔

控制;对于工作辊和支承辊轴端锁紧、接轴抱紧、阶梯垫液压驱动、防颤辊驱动、防皱辊快速驱动、防缠导板驱动、工作辊换辊轴头液压锁定、工作辊液压横移等动作,控制简单,要求不高,采用常规液压控制。

根据不同的工况设置了一个辅传系统液压站 HB1,系统工作压力 16MPa,流量 520L/min,油箱 6000L,介质清洁度 NAS7 级,过滤精度 10 μ ,设有液压控制回路 51 个,其中 12 个控制回路用于平整主机;一个伺服系统液压站 HB2,系统工作压力 28MPa,流量 520L/min,油箱 2500L,介质清洁度 NAS5 级,过滤精度 5 μ ,设有液压控制回路 6 个,全部用于平整主机。

(3) 电气和自动化控制水平

采用直流调速技术,速度电流双闭环系统,电气传动系统(LEVEL0)采用 SIEMENS 公司的新一代全数字直流调速装置 6RA70 及 6SE70 系列产品,其功能是为电机提供直流调速控制,并通过 PROFIBUS-DP 网与基础自动化连接,进行过程控制数据及控制命令的交换。

基础自动化控制系统(LEVEL1)采用 PLC 控制,PLC 也选用 SIEMENS 公司的产品,其主要任务

是完成主机的加减速控制,卷取及开卷张力、断带保护等控制,并和传动系统通讯连接,以及各个液压站的启/停、联锁控制和远程 I/O 控制。

具有完善的 HMI 人机界面系统。HMI 人机界面系统作为基础自动化系统的重要组成部分,用于控制系统各种数据的设定、显示、故障报警,以及相应操作和设备的在线调试及维护发挥非常重要的作用。

6 结论

1200mm 平整机具有较大的力能参数,可进行大轧制力、大张力平整,具有干法和湿法平整两种工艺,控制复杂,自动化程度高,是一个水平较高的冷轧平整机。目前该轧机安装调试已基本完成,从现场反映来看,各项参数均达到设计指标。1200mm 冷轧机组的研制和开发必将为用户赢得很好的经济效益和社会效益,为集团公司实现冷轧带钢成套项目奠定有力的基础。

参考文献

- 1.傅作宝.冷轧薄钢板生产.冶金工业出版社,1996
- 2.潘纯久.二十辊轧机及高精度冷轧钢带生产.冶金工业出版社,1996

~~~~~

(上接第 30 页)

小车的回转动作,以带动与上部小车架相连的刚性导架和司机室系统以及吊具回转,最终实现所吊运钢坯的转向动作。水平轮用作回转导行。

下部小车上安装了环行轨道和运行机构。运行机构与常规运行机构相同,运行机构带动下部和上部小车一起运行。

司机室安装在刚性导架上,刚性导架与上部小车相连,可随上部小车回转,刚性导架中间设有导向滑槽,固定在吊具上的导杆沿滑槽上下升降,达到导向和防摆的目的。

刚性电磁料耙起重机在起重机及小车起制动或运行时,吊具及被吊物品没有晃动,可用于生产率较高和起重机大小车运行速度较快的场合;但起重机的自重较大、造价高,且对厂房的冲击较大,因导向架的限制,只适用于起升工作高度小于 10m 的起重机。

挠性电磁料耙起重机主要由电控系统、上部小

车、大车、桥架、下部小车及吊具等组成,见图 22。

吊具与小车之间为钢丝绳悬挂的柔性连接,起重机及小车起制动

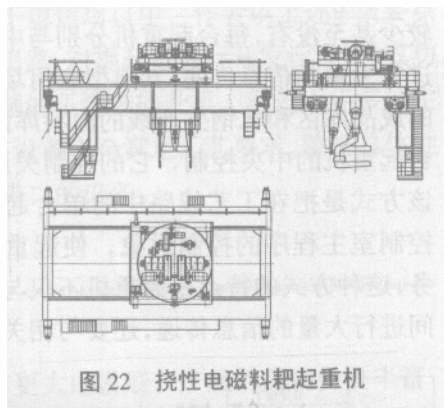


图 22 挠性电磁料耙起重机

或运行时,吊具及被吊物品晃动较大,适用于生产率较低的场合(也有用倒八字绳系防摆可提高生产率);起重机的自重轻、造价低。从构造上与刚性电磁料耙起重机相比,挠性电磁料耙起重机的司机室安装在桥架上,其他部分与刚性电磁料耙起重机相同。

电磁料耙起重机吊具将在冶金起重机吊具篇中详细介绍。(待续)