

高速线材加热炉与钢坯加热

付国平 闫和平

(包头天诚线材有限公司)

摘要 较详细论述了高速线材生产中的加热炉及其钢坯加热情况,并指出了包钢高速线材加热炉的发展方向。

关键词 加热炉 线材 脱碳

High-speed wire furnace and billet heating

Fu Guoping Yan Heping

(Baotou Tiancheng Wire Rod Co., Ltd.)

Abstract The situation of reheating furnace and its billet heating were described in high-speed wire line. The development direction of high-speed wire furnace in Baosteel was proposed.

Keywords reheating furnace wire decarburization

1 高线加热炉

1.1 加热质量

迄今为止,在我国投产的高速线材轧钢加热炉有30多套,绝大多数采用步进式。为了保证高速线材高尺寸精度和高机械性能,除合理的生产工艺外,对钢坯的加热质量提出了严格要求。

(1) 钢坯温差:要求出炉钢坯断面心表温差 30°C 。钢坯头尾温差:由于轧件的头部经受水冷失温较多,轧件尾部进入粗轧第一架轧机大大滞后于头部,失温较多,为补偿钢坯的热量损失,要求出炉钢坯头、尾部温度高于中部约 30°C 。

(2) 脱碳:为保证产品机械性能,对诸如高碳钢和弹簧钢等钢种加热,应尽量防止和减少其脱碳,要求氧化层下部脱碳厚度 $<0.5\text{mm}$ 。

(3) 氧化烧损:为提高成材率,应尽量减少钢坯加热过程中的氧化烧损,要求氧化烧损率不大于 0.7% 。

(4) 钢坯加热温度: $(950 \sim 1100)^{\circ}\text{C} \pm 20$,低温轧制时为 $(920 \sim 1050)^{\circ}\text{C} + 20$ 。

1.2 燃料选用

加热炉用气体燃料应优先选用企业副产煤气,尽量采用高焦炉混合煤气,焦炉煤气,也可采用天然气。对煤气参数和质量要求如下:混合煤气最低热值一般为 $7536 \sim 10467\text{kJ}/\text{m}^3$,但煤气的最佳热值选用 $17291\text{kJ}/\text{m}^3$ 且煤气热值必须稳定,生产中允许波动值不超过 $\pm 5\%$,这样生产操作中便于调节控制,容易实现自动加热技术。煤气压力,车间加热炉前煤气总管接点压力一般采用 $6000 \sim 7000\text{Pa}$ 左右,煤气压力必须稳定,生产中允许波动值不超过 $\pm 5\%$,以保证燃烧控制调节灵活的需要。要求预热的煤气平均含尘量应尽可能低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$,焦油含量应低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

无副产煤气的钢铁厂,应采用重油作燃料,但不准用原油作燃料。重油质量标准应符合石油工业部标准(SY1091-77)规定的理化指标。压力、粘度和洁净度应满足喷嘴燃烧性能的要求,并保持稳定的粘度(或相应的油温)。

1.3 炉型选择

加热炉是轧钢生产线的重要环节,是保证产品质量、产量和降低能耗的关键。加热炉炉型选择和装备水平,应与车间规模和轧线工艺设备装备水平相匹配。推钢式加热炉是加热钢坯的早期传统炉型。由于其结构简单、机械设备少投资低、设备维修少、操作简便,过去曾被广泛使用。

收稿日期:2008-11-26

付国平(1960-),高级工程师;014010 内蒙古包头市。

为保证钢坯加热质量,满足高速线材轧机对钢坯断面和长度方向温度梯度的要求,并防止高碳钢和弹簧钢的脱碳问题,目前广泛采用步进式加热炉。步进式炉与推钢式炉相比较,有以下特点:

(1) 钢坯靠步进梁的运动在炉内通过,因此钢坯之间可以留出间隙,不会产生粘钢现象;实现三面、四面加热,能缩短加热时间,钢坯断面温度均匀;对氧化脱碳要求严格的钢坯,因缩短在炉内时间而能减少氧化脱碳。

(2) 在步进式炉内,钢坯与步进梁之间没有摩擦,避免钢坯在加热过程中产生划痕。

(3) 步进式炉没有水冷滑轨,水梁上面焊有高温耐热合金垫块,钢坯并不连续接触水梁,而是间断、交替地接触水梁,“黑印”现象较轻。

(4) 步进式炉其长度不受此限制,可充分利用烟气的余热预热钢坯。

(5) 步进炉加热速度快,温度均匀,操作灵活,钢坯的烧损减少,推钢式炉的氧化铁皮占钢坯总重的 1%~1.5%,步进炉的仅占 0.6%~0.8%。包钢高线步进梁式加热炉钢坯氧化烧损为 0.6%~0.85%,经实测比过去降低氧化烧损 0.25%,钢坯价和氧化铁皮差价 2000 元(包钢内部结算价),包钢高线按年产线材 72 万 t 计算,经济效益 360 万元。

(6) 步进式炉的固定、活动梁和支撑管总的冷却表面积,约比推钢式炉底管的冷却表面积大近一倍,故其热耗比推钢式的大 15%~20%,冷却水消耗比推钢式的大 50%~60%。

(7) 在投资方面,步进式炉比推钢式炉高 15%~20%,由于步进炉具有一系列优点,现代新建或改建的高速线材轧机,绝大多数采用了步进式加热炉。

1.4 改进完善

包钢高线自 2000 年以来,采用主要技术改造措施和优化操作方面工作:

(1) 均热段纵水梁由原设计一直线双管结构,设计改造为局部弯曲变位布置形式,这样钢坯由装炉的初始位置,移送至均热弯曲变位,钢坯位置变换,钢坯接触垫块部位的“黑印”基本消除,进一步提高钢坯的加热质量。

(2) 耐热垫块侧面留孔,交错布置,材质

选用 ZGCr25Ni31WnRe, 原为 PFCo50、PFCo20。

(3) 适当减小炉内空间,原设计均热、加热段炉膛高度 4100mm,设计改造后 3556mm。

(4) 为实现全纤维加热炉,炉膛内表面粘贴新型节能产品——多晶莫来石纤维块,并喷高温远红外涂料,对保护炉内烧注料、砌体使用寿命发挥重要作用。实践证明,提高了炉壁黑度,多晶莫来石耐火纤维、高温远红外涂料黑度分别为 0.95 和 0.99,炉壁黑度提高 10%~15%,从而可提高炉子的加热能力和加热速度,达到增产降耗,延长炉衬寿命的效果。

(5) 定期对烟气成分中 CO 进行监测,加热调火工操作控制 CO 低于 0.8%。设计中系统采用了双交叉限幅控制方式作为燃料自动控制,以提高系统空燃比的稳定性,增强炉温的控制效果。

(6) 对金属管状换热器结构形式光管改为麻花管,空气、煤气管插入件适当加长、形状改变,20g 煤气管渗铝要求达到深度 0.5mm 以上。实行钢坯低温轧制以来,换热器前温度为 600,空、煤气预热温度为 400、300;煤气换热器后排烟温度 230~240。虽然排烟温度和预热温度不高,空、煤气预热后,对回收废气的余热余能、节能环保、提高产量起到了重要作用。线材产量按年 70 万 t 计算,换热节能按 3%~5%,1GJ 高、焦煤气单价为 14 和 26 元,每年可收得经济效益: $50 \times 4\% \times 700000 \times 7000 \times 4.186 = 41022.8 \text{GJ}$, 即: $41022.8 \times 14 \times 20\% + 41022.8 \times 26 \times 80\% = 968138.08 \text{元}$ 。

包钢两个高线厂,以及国内其它多家高线选用液压斜轨式。液压斜轨式采用双层步进框架,步进框架通过轨道在滚轮上滑动,采用流量、压力补偿的恒功率泵和大容量比例阀的全液压斜轨式步进机构运行稳定可靠。包钢高线加热炉前进、后退步距行程为 230、260mm。

步进系统的动作根据工艺的需要可以手动、半自动和全自动控制。步进可以正向操作,还可以反向操作,可作上升、下降的踏步动作,必要时在手动强制方式下以爬行(点动)速度运行。

2 钢坯加热

随着包钢高线,高附加值产品,高级优质钢,中高碳 SWRH82B、SWRH77B 优质低合金

钢等产品的不断增加,为提高调火工的实际操作水平,根据加热制度要求对加热炉的加热工艺进行研究与实践,总结出加热炉最佳工艺。

(1) 加强三勤操作

勤检查,勤联系(炉内温度、空煤气、水、炉膛压力和钢坯移动情况),勤调整(上料、出钢、调度)。

(2) 钢坯的加热温度

从工艺、钢种、规格、质量、成材率和节能降耗等诸因素综合考虑,合理选择炉子加热温度,从低碳钢、高碳钢及低合金钢的轧钢加热实践看,1050~1180的加热温度是比较适宜的。表1列出了不同含碳量钢坯的最高允许加热温度(不适合实行低温轧制钢坯温度)。

表1 不同含碳量钢坯的加热温度

钢中含碳量 / %	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.5
最高允许温度 /	1250	1220	1200	1180	1180	1150	1130	1100
推荐温度 /	1120	1120	1100	1080	1050	1030	1020	1020

(3) 加热速度和加热时间

钢坯的加热速度通常指单位时间内钢坯表面温度的上升速度,以 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 表示;在实际生产中,用单位厚度的钢坯加热到规定温度所需时间(min/cm)或单位时间加热的钢坯厚度(cm/min)来表示。钢坯的加热时间通常指钢坯从常温加热达到出炉温度所需的时间。理论与实践证明,高线三段步进梁式炉当装料端炉温为800~850 $^{\circ}\text{C}$ 时,单位加热时间的经验公式(S -钢材厚度,cm):

$$Z_1 = 7.5 + 0.05S \text{ min/cm}$$

$$Z_1 = 7.5 + 0.05 \times 15 = 8.25 \text{ min/cm}$$

$$Z_1 = (7.5 + 0.05 \times 15) \times 15 = 123.75 \text{ min}$$

对于装料端炉温为900~1000 $^{\circ}\text{C}$,单位加热时间的经验公式:

$$Z_2 = 5 + 0.1S \text{ min/cm}$$

$$Z_2 = 5 + 0.1 \times 15 = 6.5 \text{ min/cm}$$

$$Z_2 = (5 + 0.1 \times 15) \times 15 = 97.5 \text{ min}$$

现将各钢种在步进炉中的加热速度的经验数据列出供参考:

低碳钢 6~9 min/cm

低合金钢 9~12 min/cm

高碳钢 12~18 min/cm

高合金钢 18~24 min/cm

在实际生产过程中,钢坯的在炉时间受到诸多工艺因素的影响,操作时要保证最基本的加热时间,且应根据实际情况随时调整热工参数,使钢坯在尽量短的时间内得到充分加热。

(4) 加热制度

在确定了钢坯的加热温度、加热时间和加热速度的基础上,制定供热点的分布、热负荷分配以及加热温度曲线是加热制度的基本内容。

在三段加热制度中,目前包钢高线采用的是预热、加热和再加热的强化加热方式,称为快速加热法。它的优点是均热段的热负荷最大,温度最高,均热段起着强化钢坯加热的作用。这种加热方式中,钢坯温度一直上升,到均热段达到高峰后转入平缓。采用此加热工艺制度后,2006~2007年加热能力递增,线材产量为69.5万t和73.2万t创历史新高,成材率为97.63%,超设计能力82.9%~92.63%,达到国内同类行业的先进水平。2008年线材产量1~10月份完成60.48万t。

(5) 氧化烧损

在钢坯的加热过程中,钢坯表面的铁元素与炉气的氧化性气体发生氧化反应,生成铁的氧化物,造成金属的损失,这种现象称为钢坯的氧化烧损。影响氧化烧损的因素很多,其中炉内气氛和加热温度及加热时间的影响是主要的。炉气的氧化能力取决于氧化性气氛的浓度与还原性气氛的浓度之比,氧化性气体含量愈多,炉气的氧化能力愈强。

在还原性气氛中生成的氧化铁皮质地致密,粘着在钢坯表面不易脱落,容易造成线材表面缺陷。当钢内有些合金成分如Cr、Ni、Mo的含量增高时,生成氧化铁皮的过程加剧。钢坯的氧化速度随着温度的升高而加快,在700 $^{\circ}\text{C}$ 以下,氧化不显著,900 $^{\circ}\text{C}$ 开始加剧,1100 $^{\circ}\text{C}$ 氧化量急剧

上升。若以钢坯在 900 时的氧化烧损为 1, 则 1000 为 2, 1100 时的为 4, 1200 时的为 8~9, 尤其在高温段停留的时间越长氧化烧损越严重。在 1100 温度下多停 1h, 氧化烧损率增加 0.5% 以上。高速线材生产用的加热炉都很宽, 炉底的维护难度很大。包钢高线步进式加热炉的氧化烧损率小于 0.8%。

(6) 表面脱碳

钢坯在加热过程中, 其表面的碳元素被氧化, 使钢坯表面含碳量减少, 这种现象被称为钢坯的表面脱碳。含碳量大于 0.35%~0.4% 的钢都具有脱碳倾向。由于脱碳, 钢材表面与内部的含碳量不一致, 降低了钢材的强度, 影响了钢材的使用性能。

脱碳过程和氧化过程是同时发生的, 在氧化性气氛下容易发生脱碳反应。钢坯温度低于 700 时脱碳缓慢, 温度达到 800~850 时脱碳开始严重, 随着氧化的激烈, 脱碳有所减缓。加热时间越长, 脱碳越严重。高碳钢、高硅钢容易脱落, 钢中 Al、Co、W 等元素加快脱落, Cr、Mn 等元素抑制脱碳。容易发生脱碳的钢种宜在低温段缓慢加热, 而在高温段加速加热, 应尽量缩短在高温段的滞留时间。

(7) 热装热送

包钢高线执行按炉送钢制度, 加强原料钢坯的核对管理, 将热坯装炉温度提高, 要求钢坯温

度在 300~700 之间占 60%, 并将热装率达到 55% 以上。热装是加热炉单位热耗随钢坯装炉而异, 与冷装坯相比热装温度 500~900 时, 单位热耗可降低 (209.3~400.4) $\times 10^3$ kJ/t。

高线 2007、2008 年热装温度 300~600, 热装率在 45%~50%, 加热炉吨钢燃耗从过去 50kgce, 1.465GJ 降至今年现在 (44~45) kgce, 1.289GJ、1.318GJ。

高线用专用汽车或保温车送至高线加热炉坯库, 卸车、码垛或送至加热炉前装料辊道进加热炉加热。这种情况装入加热炉连铸坯温度在 400~700 称为热装, 400 以下称温装, 高线距离连铸小方坯不超过 1.5km。

3 结束语

高速线材轧机对钢坯加热炉加热质量提出了严格要求, 为进一步改善加热质量, 必须选用合理的加热炉型, 根据地区的条件特点, 包钢高线、包钢棒材厂(新高线车间)先后都采用较现代烧煤气步进梁式加热炉, 并对存在的问题进行技术改造, 制定合理的钢坯的热工制度, 满足线材生产发展要求。发现在热送热装领域, 包钢加热炉有很大的发展空间, 这对包钢高线和其它同类企业进一步节能减排, 降本增效, 发展循环经济有着深远意义。

万雪 编辑

《钢铁产业调整和振兴规划》出台

国务院办公厅于 3 月 20 日正式公布《钢铁产业调整和振兴规划》(下称《规划》)。《规划》提出 6 项目标、8 项任务及 12 条措施, 力争在 2009 年遏制钢铁产业下滑势头, 到 2011 年实现钢铁产业粗放发展方式明显转变, 技术水平、创新能力再上新台阶, 综合竞争力显著提高, 支柱产业地位得到巩固和加强, 步入良性发展的轨道。

《规划》提出总量恢复到合理水平、淘汰落后产能有新突破、联合重组取得重大进展、技术进步得到较大提升、自主创新能力进一步增强和节能减排取得明显成效等 6 项目标。

在这 6 项目标中, 道德是产量控制目标, 即在 2009 年实现全国粗钢产量 4.6 亿吨, 2011 年实现粗钢产量 5 亿吨左右。其次是淘汰落后目标, 除按期淘汰此前《钢铁产业发展政策》中规定的落后产能外, 力争在 3 年内再淘汰落后炼铁能力 7200 万吨、炼钢能力 2500 万吨。

为确保 6 项目标的实现, 《规划》制订 12 条政策措施, 包括调整部分产品的进出口税率、实施公平贸易政策、加大技术进步及技术改造投入完善落后产能退出机制、完善企业重组政策、适时修订《钢铁产业发展政策》等。