

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50486 — 2009

钢铁厂工业炉设计规范

Code for design of industrial furnaces
in iron & steel works

2009 — 02 — 23 发布

2009 — 09 — 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

钢铁厂工业炉设计规范

Code for design of industrial furnaces
in iron & steel works

GB 50486 - 2009

主编部门：中 国 冶 金 建 设 协 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 0 9 年 9 月 1 日

中国计划出版社

2009 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 251 号

关于发布国家标准 《钢铁厂工业炉设计规范》的公告

现批准《钢铁厂工业炉设计规范》为国家标准,编号为 GB 50486—2009,自 2009 年 9 月 1 日起实施。其中,第 6.0.1(3)、7.1.1、8.1.2(3、4)、8.1.6、8.2.2 条(款)为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇〇九年二月二十三日

前 言

本规范是根据原建设部“关于印发《2005 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)》的通知”(建标函[2005]124 号)的要求,由中冶华天工程技术有限公司会同有关单位共同编制完成的。

在编制过程中,本规范编制组认真总结了我国 50 多年来,特别是近 20 年来工业炉设计和生产使用方面的经验,经广泛征求意见和多次讨论修改,最后经审查定稿。

本规范共分 8 章,包括总则、术语、轧钢加热炉、轧钢热处理炉、金属制品热处理炉、工业炉燃料及燃烧设备、工业炉烟气余热回收及其装置、安全卫生与环境保护等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,中冶华天工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见或建议寄往中冶华天工程技术有限公司《钢铁厂工业炉设计规范》管理组(地址:安徽省马鞍山市湖南路 25 号,邮政编码:243005, E-mail: gyl@htzy.cn),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 中冶华天工程技术有限公司

参 编 单 位: 中冶赛迪工程技术股份有限公司

中冶南方工程技术有限公司

中冶京诚工程技术有限公司

中冶东方工程技术有限公司

上海宝钢工程技术有限公司

主要起草人：曹 强 薛秀章 段四问 杨骥廷 戎宗义
徐文利 王福凯 朱宗铭 潘爵芬 张阿福
张胜英 盛浩锡 郭玉光 吕晓琦 梁春魁
程淑明 罗建明 蒋安家

目 次

1 总 则	· (1)
2 术 语	· (2)
3 轧钢加热炉	· (3)
3.1 一般规定	· (3)
3.2 型钢、棒线材钢坯加热炉	· (4)
3.3 热轧板带板坯加热炉	· (6)
3.4 不锈钢和硅钢板坯加热炉	· (9)
3.5 薄板坯连铸连轧加热炉	· (12)
3.6 无缝钢管机组加热炉	· (14)
3.7 炉用冷却部件	· (18)
3.8 自动化控制	· (21)
4 轧钢热处理炉	· (23)
4.1 一般规定	· (23)
4.2 冷轧宽带钢热处理作业线	· (23)
4.3 硅钢带卧式退火炉	· (33)
4.4 不锈钢带钢热处理作业线	· (35)
4.5 带钢连续镀锌、镀锡作业线热处理炉	· (37)
4.6 无缝钢管热处理炉	· (40)
5 金属制品热处理炉	· (45)
5.1 一般规定	· (45)
5.2 马弗炉	· (46)
5.3 明火加热炉	· (46)
5.4 电直接加热炉	· (48)
5.5 铅淬火炉(铅锅)	· (48)

5.6 镀锌炉	· (49)
5.7 干燥炉	· (49)
6 工业炉燃料及燃烧设备	· (50)
7 工业炉烟气余热回收及其装置	· (52)
7.1 一般规定	· (52)
7.2 烟气余热回收装置	· (52)
8 安全卫生与环境保护	· (54)
8.1 安全卫生	· (54)
8.2 环境保护	· (56)
本规范用词说明	· (57)
附:条文说明	· (59)

1 总 则

1.0.1 为在钢铁厂工业炉工程设计中贯彻执行国家法律法规和相关技术经济政策,实现技术先进、经济合理、安全适用,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建的大中型钢铁企业加热炉、热处理炉和金属制品用炉的设计。本规范不适用于熔炼炉的设计。

1.0.3 钢铁厂工业炉设计,应积极采用国内外成熟可靠的新技术,并应大力研发具有自主知识产权和核心竞争力的工艺和设备,同时应符合节约资源、保护环境的要求。

1.0.4 钢铁厂工业炉设计,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 热负荷 thermal load of furnace

单位时间内供入炉内的燃料或电能所产生的热量,以 kW 计。

2.0.2 标准坯 reference slab

用于冷热态试验考核加热炉性能的坯料,其钢种、规格等条件由买卖双方的协议(或合同)规定。

2.0.3 额定产量 nominal production

标准坯按规定的条件装炉、加热,达到规定的出炉条件,供给轧机连续生产 6.0h,取其连续最高的 4.0h 产量平均值,以 t/h 计。

2.0.4 额定单耗 nominal specific consumption

额定产量下向燃料炉内供入的燃料化学能或向电阻炉供入的电能,以 GJ/t(坯)计。

2.0.5 热效率 thermal efficiency

工件获得的能量占供给工业炉的能量的百分比。

2.0.6 烧损率 scale loss rate

工件加热过程中在炉内因氧化而减少的质量占加热前质量的百分比。

2.0.7 炉底强度 furnace hearth intensity

单位过钢炉底面积在单位时间内的加热能力,以 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计。

2.0.8 管底比 skid hearth rate

炉内支撑坯料的水冷部件外表总面积占炉底面积的百分比。

2.0.9 标准状态 nominal state

气体在温度为 273.15K,压力为 101.325kPa 时的状态。

3 轧钢加热炉

3.1 一般规定

3.1.1 本章适用于新建的、连续生产的大中型轧钢车间和锻钢车间加热炉设计。

3.1.2 炉型选择和技术装备水平应与车间生产规模及轧线工艺设备装备水平相适应。选用的结构、材料和炉用设备应满足运输、建筑安装、维修更换的要求。

3.1.3 加热炉数量和每座能力的确定,应从提高炉子热效率出发,不宜留有供轮流检修用的备用炉。但应为轧机进一步发挥能力留有发展余地。

3.1.4 新建的燃煤气和燃油轧钢加热炉,其设计额定单耗应达到表 3.1.4 中的“先进指标”;改建或扩建的燃煤气和燃油轧钢加热炉,其设计额定单耗应达到表 3.1.4 中的“平均先进指标”。

表 3.1.4 轧钢加热炉设计额定单耗

轧机类型	设定出钢温度(℃)	额定单耗(GJ/t)	
		平均先进指标	先进指标
大 型	1200	≤1.44	≤1.34
中 型	1150	≤1.35	≤1.26
小 型	1150	≤1.32	≤1.23
高速线材	1100	≤1.24	≤1.17
中厚板	1250	≤1.47	≤1.41
热轧带钢	1200	≤1.45	≤1.36
无缝环形炉	1250	≤1.46	≤1.33

注:1 表中额定单耗是指冷装(20℃)的碳素结构钢标准坯,加热到设定出钢温度、炉内水(汽)冷构件绝热层完好、加热炉达到设计额定产量的单位燃料消耗。

2 表中额定单耗适用于本规范表 3.2.3 对应的步进梁式和推钢式加热炉。

3.1.5 加热炉炉内水管冷却系统宜采用汽化冷却,产生的蒸汽应与本厂动力管网并网运行。

3.1.6 加热炉砌体外表面设计计算的最高温度应符合现行国家标准《工业炉窑保温技术通则》GB/T 16618 的有关规定。

3.1.7 在总体设计时应充分利用上道工序坯料的余热。

3.1.8 在加热炉平面布置图设计文件中,应标明炉区相关构筑物和设备名称、定位尺寸和各种能源介质接点位置。

3.2 型钢、棒线材钢坯加热炉

3.2.1 炉型选择和主要结构的设计应符合下列规定:

1 大中型型钢轧机钢坯加热宜选用上下加热的步进梁式加热炉。

2 厚度小于等于 130mm 的小规格钢坯加热宜采用步进底式加热炉,厚度大于 130mm 的大规格钢坯加热宜采用上下加热的步进梁式炉。

3 中小型型钢轧机钢坯加热炉,用于普通碳素结构钢加热时,可采用推钢式加热炉,用于优质钢加热时宜采用步进梁式加热炉。

4 不锈钢和易脱碳钢加热应选用步进梁式加热炉。

5 棒线材步进梁式加热炉宜采用炉内悬臂辊道侧装料和侧出料方式,装料侧可设置液压推钢机。

6 棒线材步进底式加热炉加热冷装钢坯时,应采取防止入炉后钢坯受热弯曲的措施。

7 新建棒线材推钢式钢坯加热炉,宜采用带较短出钢区、由出钢机侧向推出的出钢方式,可不设置水冷出钢槽。

8 型钢步进梁式炉加热大型坯时,宜采用端装料和端出料方式,装料可用推钢机或托入机,出料可用托出机。

3.2.2 一个车间宜设置一座用于高速线材轧机或连续小型轧机的加热炉。

3.2.3 炉底强度应经济合理,新设计加热炉炉底强度应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 加热炉炉底强度设计值

炉型及结构特点		原料断面(mm)	炉底强度 [kg/(m ² ·h)]
推钢式加热炉	单面加热	75~120	300~400
	部分下加热	≤130	400~550
	全部上下加热	>130	500~650
		锭 8~10"	450~600
步进式加热炉	步进底式	≤130	350~450
	步进梁式	>130	500~650

注:1 表中炉底强度指标适用于燃煤气加热炉,加热普通碳素钢,冷装,出钢温度为 1200℃。

2 本表规定的炉底强度指标不适用于全热装和采用蓄热式燃烧的加热炉。

3.2.4 加热炉的热负荷配备应符合下列要求:

1 全热装或热装率大于 90%的加热炉,应根据温度较低的热装标准坯加热所需供热量,配备单座加热炉的供热能力。

2 多炉同时工作时,应根据同时利用系数确定车间能源介质(燃料等)的流量。

3 多段加热炉的热负荷,可按额定供热能力的 1.2~1.3 倍设计。

3.2.5 燃烧装置的选择应符合下列要求:

1 应根据加热炉型式和结构尺寸、加热工艺、燃料种类、热负荷大小及环保要求,选择合适规格的燃烧装置。

2 坯料长度大于 10.0m 的大型燃气加热炉,当采用侧部烧嘴时,宜采用可调焰烧嘴或脉冲燃烧方式。

3.2.6 炉用机械设备应符合下列要求:

1 轧钢加热炉装料和出料以及钢坯在炉内运行,应有相应的操作设备,并实现联锁操作。

2 型钢、棒线材步进式加热炉宜采用液压驱动、两层框架和两层辊轮结构的步进机械,并有定心装置。

3 步进式加热炉装料端,应设置入炉钢坯定位装置。

3.2.7 炉衬设计应符合下列规定:

1 在满足砌筑部位温度、承受荷重等使用性能的前提下,应根据绝热效果、使用寿命和经济合理性,选用炉衬材料。

2 各部位的砌体必须采取有效的绝热措施,并按不同接触面温度使用不同材料的复合炉衬。

3 用耐火浇注料和可塑料整体砌筑炉顶以及炉墙时,应设置锚固砖。炉顶锚固砖的间距宜为 300~400mm,炉墙锚固砖上下、左右的间距宜为 450~600mm。

4 耐火可塑料或浇注料砌筑的倾斜炉顶,当推力较大时,应在斜顶部位设置耐热托板,下加热高度大于 3.0m 的直墙也可设置耐热托板。

5 侧出料加热炉的出钢槽或出钢区部位,宜用电熔砖或烧结砖等高温、耐磨、抗渣、耐急冷急热性能的材料铺砌。

6 耐火砖砌体的长度与宽度应为 116mm 的倍数,高度应为 68mm 的倍数;烧结普通砖砌体的长度和宽度应为 120mm 的倍数,高度应为 60mm 的倍数。

3.3 热轧板带板坯加热炉

3.3.1 新建宽带钢、中厚板、炉卷轧钢车间宜采用步进梁式加热炉。

3.3.2 板坯步进梁式加热炉的小时产量应符合下列规定:

1 一座板坯加热炉的小时产量可按下式计算:

$$P \geq Q / (h \times \eta) \quad (3.3.2)$$

式中 P ——加热炉小时产量(t/h);

Q ——轧机额定年产量(t/a);

h ——加热炉年工作时间(h/a);

η ——加热炉利用系数。

2 加热炉年工作时间宜取 6000~6500h;加热炉利用系数宜取 0.65~0.80,可根据企业的管理水平和加热炉座数综合因素确定。确定加热炉产量时还应计入热装率和热装温度因素。

3 加热炉的小时产量不应低于轧机生产主要产品的小时产量,或轧机生产某些产品小时产量的最大值。

4 初步确定加热炉的小时产量后,尚应核实加热炉在配合轧机生产其他产品所需的年工作时间。

5 加热炉的设计年产量不得小于轧机年产量。

3.3.3 板坯步进梁式加热炉的结构设计应符合下列规定:

1 采用装料机装料、车间跨度允许的前提下,装料端与装料辊道间可设置装料前室,其宽度宜与炉衬内宽相同,长度应能存放两块板坯。加热炉有效长度可按下列式计算:

$$L = P / (P_0 \cdot l \cdot n) \quad (3.3.3-1)$$

式中 L ——加热炉有效炉长(m);

P ——额定产量(kg/h);

P_0 ——炉底强度[kg/(m²·h)];

l ——标准坯长度(m);

n ——标准坯列数。

2 炉底宽度应按板坯列数和板坯长度确定。

3 设计炉内布料图,确定炉底纵梁的配置应符合下列要求:

1) 炉内板坯布料位置可按一侧取齐或按两侧取齐并错开布置,也可按加热炉的步进机械中心线对称布置。

2) 相邻两条纵梁最小中心距不宜小于 600mm。

3) 板坯对纵梁中心线的悬臂长度、与相邻纵梁中心线的净空距离不宜小于 150mm。

4) 板坯最大悬臂长度应按板坯厚度、加热温度、高温下停留时间等因素确定,也可按式(3.3.3-2)估算。活动梁或固定梁的最大中心距可按式(3.3.3-3)估算。

$$L_1 = 4.2 \sqrt{S} \quad (3.3.3-2)$$

$$L_2 = 6.3 \sqrt{S} \quad (3.3.3-3)$$

式中 L_1 ——最大悬臂长度(m);

L_2 ——活动梁或固定梁的最大中心距(m);

S ——板坯厚度(m)。

5) 布料图中还应兼顾装、出钢机托杆的位置。

6) 纵梁应经强度计算,有端部供热下加热段的板坯加热炉烧嘴通道处的活动梁挠度不得大于 $1/800$ 。

4 下加热各段烧嘴的布置,应避免燃烧火焰冲击各纵梁的立柱。

5 各纵梁上的耐热垫块材质和高度,应根据垫块在炉内环境选定。

6 加热炉钢结构宜按分块预制件进行设计。

7 装出料炉门、两侧窥视孔、操作炉门及检修炉门,应开启灵活、关闭严密。

3.3.4 板坯步进梁式加热炉的供热应符合下列规定:

1 应根据板坯规格、加热炉产量和加热质量要求,选用供热方式和供热设备。

2 加热炉的额定单耗应按本规范表 3.1.4 的规定取值。

3 各段燃料的分配和烧嘴能力的配备应满足冷装料时加热的需要,并满足热装料加热炉供热能力变化大时仍可稳定燃烧且火焰长度变化不大的要求。

3.3.5 板坯步进梁式加热炉的节能应符合下列要求:

1 在车间布置许可的条件下可合理延长炉长,宜配置不供热的热回收段。

2 炉型结构与供热方式应为提高热装率和热装温度创造条件。

3 加热炉的烟气余热可只预热空气,也可同时预热空气和煤气。

4 炉内纵梁及其立柱应合理配置,并对冷却构件采用双层绝热包扎结构。

5 步进机构宜采用节能型的液压系统。

3.3.6 板坯步进梁式加热炉的三电控制应符合下列要求:

1 板坯在装料辊道上的定位,装料炉门、装钢机、出料炉门、出钢机及步进梁运动间的逻辑定序、定时、联锁、计数等功能应由炉区可编程序逻辑控制器完成。

板坯在装料辊道上的定位,装料炉门、装钢机、出料炉门、出钢机及步进梁运动间的逻辑定序、定时、联锁、计数等动作的操作,应分别在炉区装、出料操作台上进行,并应在炉子地坑内设机旁手动操作台。

2 加热炉应配备完善的热工自动化控制系统。有条件的加热炉应逐步推广使用计算机根据加热模型对各段温度进行最佳控制。

3.4 不锈钢和硅钢板坯加热炉

3.4.1 炉型选择应符合下列要求:

1 不锈钢和硅钢板坯加热应采用上、下供热的步进梁式加热炉。

2 加热高温取向硅钢的板坯加热炉,下部加热宜采用侧供热,上部加热宜采用全炉顶平焰烧嘴供热;也可在均热段采用平焰烧嘴供热而其余各段采用侧供热或端部烧嘴轴向供热。

3 既加热碳钢又加热高温取向硅钢和不锈钢的同一加热炉,宜采用6段以上的多段供热和自动控制系统。

3.4.2 加热炉能力和座数应符合下列要求:

1 加热炉总生产能力的确定,应以轧钢工艺的年产量和工艺要求为依据,并为轧机发挥能力留有发展余地。

2 一座加热炉能力和加热炉座数,应根据加热炉热效率、生产维护、均衡生产和加热炉利用率等因素确定。

3 不锈钢和硅钢板坯加热炉炉底强度可按表 3.4.2 的规定确定。

表 3.4.2 不锈钢和硅钢板坯加热炉炉底强度

加 热 钢 种	炉底强度 $[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$	备 注
奥氏体不锈钢	480~500	300 系列
铁素体和马氏体不锈钢	500~550	400 系列
高温取向硅钢	400~450	—
碳素钢	600~650	—

注:加热炉燃料为气体燃料,且燃料发热量为 $7500 \sim 12500 \text{kJ}/\text{m}^3$ 时取下限值,燃料发热量大于 $12500 \text{kJ}/\text{m}^3$ 时取上限值。

3.4.3 燃料选择应符合下列规定:

1 加热炉采用液体燃料作为主要燃料时,应配备一定数量的气体燃料,该气体燃料可用作均热段供热。

2 加热奥氏体不锈钢时,燃料油中含硫量应小于 0.8% ,混合煤气中硫化氢含量应小于 $200 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

3 加热高温取向硅钢时,高焦混合煤气的发热量应大于 $10000 \text{kJ}/\text{m}^3$,采用液体出渣的硅钢加热炉应配备发热量不低于 $11700 \text{kJ}/\text{m}^3$ 的燃料,该燃料可用作炉底化渣和出渣口火封;当主烧嘴所用气体燃料的发热量大于等于 $17300 \text{kJ}/\text{m}^3$ 时,可不设置炉底化渣烧嘴。

4 煤气发热量应稳定,其允许波动范围为 $5\% \sim 8\%$,可设置热量仪修正空燃比。

5 煤气中焦油含量不宜大于 $10 \text{mg}/\text{m}^3$,混合煤气含尘量不宜大于 $10 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

6 应采取措稳定供气压力,其波动值范围应控制在 $\pm 5\%$ 。

3.4.4 炉底纵梁的布置应符合下列规定:

1 在满足生产工艺的条件下,加热炉宜减少纵梁数量,出料端纵梁应移位错开布置。

2 加热碳钢和高温取向硅钢时,高温段相邻纵梁之间的间距

应小于 900mm,其端部的悬臂量应为 150~350mm。

3 加热高温取向硅钢时,其纵梁上部支撑板坯的耐热垫块上表面压强应为碳素钢的 50%或更小。

4 加热铁素体和马氏体不锈钢时,炉底纵梁之间的间距相对于加热碳素钢加热炉纵梁之间的间距也应适当减小。

5 支撑纵梁的立柱及其平移框架应确保足够的强度和刚度。

6 纵梁和立柱无缝管的材质应按本规范第 3.7.4 条第 6 款的规定采用。

3.4.5 炉底步进机械的设计应符合下列要求:

1 大型板坯步进梁式加热炉,宜采用滚轮斜台面液压驱动的步伐进机械,也可采用滚轮曲柄连杆式或电动偏心轮式的步进机械。

2 加热普碳钢和不锈钢可按 500~600mm 固定步距,加热高温取向硅钢可按 400~600mm 可调步距作为平移行程;以固定梁为基准,可按上升 100mm、下降 100mm 作为升降行程。

3 加热普碳钢和不锈钢步进周期可为 45~55s;加热高温取向硅钢步进周期可为 70s。

4 加热高温取向硅钢,且板坯最端边的梁为活动梁时,步进梁应具备停中位的功能。

5 液压站应设置通风、消防和火灾自动报警系统。

3.4.6 炉衬砌筑采用的组合材料应符合下列规定:

1 高温取向硅钢加热炉的低温段(预热段)和烟道等部位砌筑炉衬,其结构和材料材质可与一般加热炉相同。

2 采用液态出渣的高温取向硅钢加热炉的高温段(加热段),其液态出渣处的炉衬耐火层最高使用温度应大于 1650℃,并应具有良好的抗液态渣侵蚀的能力。

3 硅钢加热炉采用干出渣时,炉底砌体上表面应为水平面,活动立柱围堤宜高出炉底砌体上表面 400~500mm;固定立柱周围砌体宜高出炉底砌体上表面 150~200mm。

硅钢加热炉采用液态出渣时,炉底砌体上表面宜以炉子中心

线为基准往炉子两侧倾斜 4.7° ；活动立柱围堤和固定立柱围堤均宜高出炉子中心线上最高点 280~300mm。

3.4.7 燃烧设备应符合下列要求：

1 均热段上部采用炉顶平焰烧嘴供热时，其供热能力配备应留有较大富裕量。

2 其他各段为侧向或纵向供热时，应采用低氧化氮可调焰烧嘴。

3 供燃料燃烧用的空气预热温度不宜低于 550°C 。

3.4.8 加热炉除渣应符合下列要求：

1 不锈钢加热炉的炉底除渣，宜每隔半年或一年定期进行停炉干除渣。

2 采用液体出渣时，液态渣应粒化处理。粒化渣用水应采用过滤处理的浊环水，总硬度不宜大于 150mg/L （以碳酸钙计），悬浮物不宜大于 20mg/L ，粒化渣用水量可为 1.2t/t （坯）。

3.5 薄板坯连铸连轧加热炉

3.5.1 工艺及结构设计应符合下列要求：

1 炉型宜选用直通辊底式加热炉。

2 应将连铸机和轧机的生产有效地连接起来，加热炉应具有足够的缓冲空间。

3 薄板坯在加热炉内缓冲时间不得小于 10min。

4 连铸坯在炉内缓冲时，应以低速向前、向后做摆动运动。

5 应具备对炉内连铸坯位置进行实时跟踪功能。

6 连铸坯应以铸速连续进入加热炉，以第一架轧机咬入速度离开加热炉。

7 小时产量应与连铸机的小时产量相匹配。

8 钢结构应按照模块方式设计。

9 炉顶宜设计成可移动式。

10 炉顶和上部炉墙内衬应采用高温陶瓷纤维模块轻型结构

设计,渣斗和下部炉墙耐火材料内衬应采用耐火浇注料、轻质砖和隔热板组成的复合结构设计。

3.5.2 供热系统设计应符合下列规定:

1 供热系统宜分 2~3 个子系统,每个供热子系统应有独立的燃烧和排烟系统。

2 燃烧系统宜配置上加热。

3 燃烧设备宜选用亚高速烧嘴,并采用脉冲控制。

4 额定单耗应根据不同的铸速、不同的板坯厚度和宽度计算确定。

5 加热炉沿物料运行方向可分为加热段、传输段、摆渡段和保温段。在热负荷的配置上,加热段宜占总供热量的 50%。

3.5.3 炉辊设计应符合下列规定:

1 炉辊结构设计,应以减少炉辊表面结瘤和提高板坯质量为原则,选择非水冷辊子(干辊)或水冷辊子(湿辊)。

2 炉辊更换方式,可设计为人工操作 C 型钩换辊,也可采用机械小车换辊。

3 炉辊应为单独传动、变频调速,炉内辊道设计速度范围宜为 2~90m/min。

3.5.4 炉用主要机械设备的设计应符合下列规定:

1 薄板坯连铸连轧加热炉的炉门应为升降炉门,炉门动作可采用电动控制或气动控制。

2 加热炉的下部,应设多处漏渣斗。每个漏渣斗的出口,应设一套气动控制的内衬耐火绝热材料的渣门。可定期打开渣门,炉内积渣应落入废料箱中。

3 薄板坯连铸连轧加热炉宜配套建炉辊修理间。

3.5.5 自动化控制系统应采用两级计算机自动控制。一级控制应包括热工仪表控制和机械设备的传动控制,二级计算机应为加热炉最佳化控制系统。

3.5.6 平面布置应符合下列规定:

1 年产量约 100 万吨生产线宜配置一座加热炉,年产量约 200 万吨生产线应配置两座加热炉。

2 薄板坯连铸连轧生产车间布置两座加热炉时,可分为横移摆渡或旋转摆渡(图 3.5.6-1 和图 3.5.6-2)。

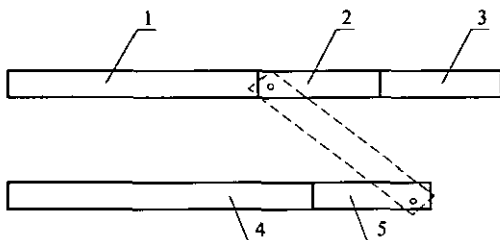


图 3.5.6-1 旋转摆渡示意

1—A 炉加热传输段;2—A 炉旋转摆渡段;3—A 炉保温段;
4—B 炉加热传输段;5—B 炉旋转摆渡段

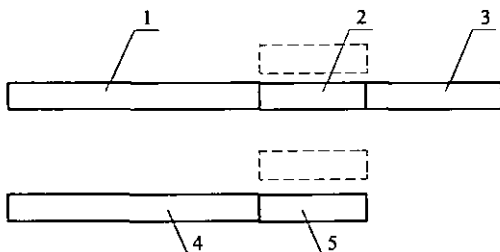


图 3.5.6-2 横移摆渡示意

1—A 炉加热传输段;2—A 炉横移摆渡段;3—A 炉保温段;
4—B 炉加热传输段;5—B 炉横移摆渡段

3.6 无缝钢管机组加热炉

3.6.1 无缝钢管机组加热炉的设计应符合下列规定:

1 无缝钢管机组加热炉燃料应选用煤气或燃料油。除采用蓄热式烧嘴外,煤气发热量应大于 $7500\text{kJ}/\text{m}^3$ 。芯棒预热炉可采用本车间其他工业炉排出的烟气余热。

2 管坯轧前加热宜选用环形炉。钢管定、减径前再加热宜选

用钢梁步进式炉。

3 管坯轧前加热炉、定减径前再加热炉和芯棒预热炉必须配置自动化控制与热工测量项目。

3.6.2 环形炉炉体设计应符合下列要求：

1 环形炉的公称应以“炉膛中心直径×炉膛内宽”标注。

2 环形炉内管坯加热速度可按表 3.6.2 的规定确定，管坯加热时间应与管坯在炉内排列、炉子供热分配和燃料种类有关，燃料发热量低时加热速度可选上限，合金钢管坯不应在此加热速度范围内。

表 3.6.2 环形炉内管坯加热速度

钢坯尺寸(mm)	加热速度(min/cm)
φ100 以下	5.5 以下
φ200	5.5~5.8
φ300	5.8~7.0
φ400	7.0~8.5

注：表中参数是管坯单位直径的加热时间。

3 管坯在环形炉内布料方法应符合下列要求：

1) 管坯直径变化不大的小型轧管机，布料角固定，管坯尺寸变化时布料角不变；

2) 管坯规格多，产量变化大的轧管机，布料角可变。

4 管坯在炉内布料排数可为单排、双排和三排。两管坯的间隙可为 100~300mm。

5 环形炉热负荷应按炉子热平衡计算确定，其设计额定单耗应按本规范表 3.1.4 的规定取值，燃烧设备的配置应有适当富裕。

6 环形炉应配置必要的机械联锁。

7 炉膛内应设几道隔墙。装出料炉门之间可设 1~2 个隔墙；设 2 个隔墙时，2 个隔墙之间可用于清理炉底。装料口与排烟口之间应设 1 个隔墙。出料口与均热段之间应设 1 个隔墙。小直径环形炉可只设 1 个隔墙。

8 环形炉内外墙与炉底之间应设有环缝,炉墙在环缝处宜适当凸出,环缝上下宜稍有曲折。

9 环缝下部必须设置水封槽和水封刀,水封槽应有清渣设施,应允许不停炉清渣。水封刀圆周平面和水封槽圆周平面的不平行度应控制在 $\pm 5\text{mm}$ 。

10 环形炉钢结构应能承受炉体(不包括活动炉底)及其附件的全部重量和内外炉墙的膨胀力。环形炉钢结构应设圈梁,圈梁应设在温度较低的位置。

3.6.3 环形炉炉底机械的设计应符合下列规定:

1 炉底机械的设计应满足炉底受力状态要求,包括炉底承受所有的重力,炉底耐火材料在宽度方向和长度方向的膨胀力,炉底上下钢架温度不同产生的膨胀力和温度应力,炉底转动、制动和炉底定心需要的力等。

2 直径较大的环形炉炉底框架应分层设置,上层框架应设置膨胀缝,上层框架的膨胀不得影响框架直径。

3 炉底机械应有定心装置,可调整炉底转动中心位置和椭圆度。

4 大型炉炉底转动可设3~4个驱动点,应沿圆周均匀布置;小型炉炉底转动可只设1个驱动点。

5 炉底转动速度应满足装出料节奏要求。

6 炉底停位的准确度应满足装出料机夹钳最大开口度要求,误差应小于 10mm 。

7 炉底倾斜程度应能调整,冷态下炉底作连续旋转时其钢结构顶面外缘应在同一水平面内,产生的端面全跳动允许误差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

3.6.4 钢管再加热炉炉体设计应符合下列规定:

1 装出料方式和周期应能满足轧机的生产能力。

2 装料端炉温不得与钢管进料温度相差太大,应避免钢管入炉产生弯曲。

3 再加热炉钢管加热速度应按表 3.6.4 的规定确定。

表 3.6.4 再加热炉钢管加热速度

钢管入炉温度	加热速度(min/mm)
常温	<2.4
350~550℃	1.8~2.0
550~750℃	1.5~1.7
750~850℃	0.9~1.4

注:表中参数是钢管单位壁厚的加热时间。

4 再加热炉供热应采用低氧化氮烧嘴。

5 再加热炉供热量应由热平衡计算确定或按经验数据选用。

6 再加热炉在宽度方向应设若干供热段。检测或控制项目应符合本规范第 3.6.1 条第 3 款的规定。

7 炉内应设耐热钢步进梁和固定梁,梁上部应有锯齿形槽,每根钢管应占一槽,管间净空间距可为 60~150mm,净空间距应大于管子的弯曲度。步进梁槽距、固定梁槽距和步进行程的设计应使钢管在步进过程中能够翻转。

8 炉内步进梁间距可为 1800~3000mm,固定梁间距可为 1800~2200mm。

9 侧装料炉子进料端可设定位挡板或钢管测长定位装置。

3.6.5 再加热炉的步进机械设计应符合下列要求:

1 步进机械升降行程的下程应大于钢管在固定梁上产生的下挠加齿高,上程可小于下程。平移行程不应等于齿距,平移行程与齿距之差应为钢管的滚动距离,可设计成向前滚动或向后滚动。

2 步进周期加各机械衔接运行时间应小于钢管最小出钢节奏。

3 步进机械可采用曲柄加连杆形式,可用液压驱动,炉子宽度方向应每 5~6m 设一个升降曲柄,每 8~12m 设一个平移曲柄,升降曲柄和平移机械在炉子宽度方向不得少于两个。步进机械也可采用其他形式。

4 装出料辊道、钢管定位、步进梁运行和装出料炉门等动作应由程序控制,手动干预时应有联锁功能。

5 再加热炉步进钢梁的立柱与炉体之间可采用拖板密封,也可采用其他形式密封。

3.6.6 再加热炉装出料辊道设计应符合下列规定:

1 采用侧进料多根钢管同时进炉时,装料辊道上的凹槽数量应等于进炉钢管的数量。

2 装出料辊道速度可调,宜采用直流电机或变频电机调速,装料辊道速度可为 $1.5\sim 2.0\text{m/s}$,出料辊道速度可为 $1.5\sim 5.0\text{m/s}$ 。

3 炉内悬臂辊道应采用耐热钢制作,辊子中间应配水冷轴。

4 多槽装料辊道应配有多槽钢管定位设施。

5 出料辊道结构应与装料辊道相同,但辊道上应只有一个凹槽。

3.6.7 芯棒预热炉的设计应符合下列要求:

1 必须满足对芯棒进行预热、脱氢和退火处理的要求。

2 芯棒应分组处理,每组应为 6 根,并应间断生产,芯棒预热炉的装、出料设施应满足芯棒装、出炉快捷且平稳可靠的要求。

3 燃烧装置及其控制系统应满足炉温均匀、调节灵活可靠、适合低负荷、低温加热的要求。

3.6.8 炉型可选用车底式炉、辊底式炉或掀盖式保温罩等。

3.6.9 明火燃料燃烧供热的芯棒预热炉,宜选用亚高速或高速烧嘴,并配之以脉冲燃烧控制系统。

3.6.10 预热炉内衬宜采用轻质保温材料。

3.6.11 芯棒预热炉应根据选用的不同热源,配备相应的热工控制仪表。

3.7 炉用冷却部件

3.7.1 炉用冷却部件的设计应符合下列要求:

1 应减少或避免炉内水冷部件,必须采用水冷部件时,不应

将水冷部件表面直接暴露于炉内。

2 水冷部件的设计应满足水量调节,操作、检修和拆卸方便,运行安全的要求。

3 水冷部件的结构设计必须保证冷却水能够充满构件,排水管必须有一处高于冷却件。

4 开路水冷部件应在供水管上安装水量调节阀门,排水管上不宜设阀门,或将排水阀阀芯钻孔后安装。

5 步进梁式加热炉的活动梁或其上的附件与固定结构之间安全距离不宜小于 50mm。

6 水冷部件和管路系统的最低处应设置泄水点。

7 冷却水应从水冷部件的下部进入、上部排出,在水压、水温和操作条件允许的情况下,同类水冷部件的水冷系统可采用串联。

8 水冷系统供水总管接点压力,应根据水冷系统阻力和车间供水情况确定。加热炉接点供水压力不宜低于 0.2MPa。当采用闭路循环水时,应根据压力回水需要提高供水压力。

9 炉内水管和水冷部件必须采用工业净循环水,冷却水的总硬度宜低于 150mg/L(以碳酸钙计),进水温度宜低于 35℃,排水温度计算值宜低于 50℃,汽化冷却应采用软水。

10 炉内水冷部件表面必须采取绝热措施,加热炉炉底管(或水梁)必须包扎,宜采用带锚固钩的双层绝热结构。

3.7.2 推钢式加热炉炉底管设计应符合下列要求:

1 炉底管应进行优化设计,可采用合理的纵横管间距、T 形管支柱或横管两端加反力矩等有效措施。

2 炉底管的管底比,小型加热炉应控制为 0.20~0.30,中型加热炉应控制为 0.30~0.45,钢锭加热炉应控制为 0.55 以下。

3 计算炉底管时,其抗拉强度可选用下列数值:

1)水冷时,小于等于 140N/mm²;

2)汽化冷却时,小于等于 120N/mm²。

注:验算支点间距的挠度不宜大于 1/500。

4 炉底管应采用壁厚不小于 10mm 的热轧锅炉钢管制作,材料为 20 号优质碳素结构钢。

5 横水管必须用整根管制作,纵水管也应减少焊接接口。

3.7.3 步进梁式加热炉纵梁布置应符合下列要求:

1 在满足炉内坯料顺行的前提下宜减少纵梁及其立柱的数目。

2 出钢区段可采用错位垫块或移位梁。

3 线、棒材轧机加热炉钢坯在炉内布料方式和悬臂长度应符合本规范第 3.3.3 条第 3 款的规定。

3.7.4 活动梁和固定梁结构应符合下列要求:

1 步进梁式加热炉纵梁设计宜采用双圆管结构。

2 当纵梁单体长度超过 12m 时,立柱应设计为预倾斜结构,应根据不同的冷却方式计算出相应的倾斜量。

3 单根纵梁长度不宜超过 25m,超过时应分段设计。

4 计算纵梁强度时,许用应力宜取 100N/mm^2 。

5 定梁立柱间距可为 2~4m。

6 汽化冷却系统蒸汽压力不大于 2.5MPa 的加热炉内纵梁和立柱,可选用 20 号优质碳素结构钢厚壁无缝钢管制作。

3.7.5 步进梁式加热炉垫块设计应符合下列要求:

1 垫块形状及其与纵梁的连接方式应根据炉型、坯料的形状和尺寸、对坯料加热“黑印”的要求,以及垫块材质及其价格等因素确定。

2 条形焊接垫块长度可为 150~250mm,宽度可为 25~50mm,高度可为 60~120mm;条形骑卡式垫块长度可为 100~120mm,宽度可为 40~100mm,高度可为 60~150mm。

3 固定梁或活动梁垫块上表面平均承受钢(板)坯压力,加热普碳钢时可按 1.0~2.0MPa 选取。

4 低温区垫块可选用直接焊接的半热滑轨,高温区宜采用骑卡式全热滑轨,垫块材质应根据炉温选用合适的高温合金。

3.7.6 步进梁式加热炉的纵梁焊接应符合下列要求:

1 纵梁元件出厂长度宜为 8~12m,并应运至现场再行组焊;各部位焊缝形式和焊接要求必须标注清楚。

2 纵梁用厚壁管管口焊接宜采用 U 形封底焊,并用氩弧焊打底。焊后应按现行国家标准《金属融化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的有关规定,用 X 射线拍片检查,每条焊缝拍片数量不得少于两个,Ⅰ级焊缝应占 30%,其余应为Ⅱ级。

3.8 自动化控制

3.8.1 推钢式加热炉应设置仪控系统,步进梁式加热炉应设有顺控和仪控组成的基础自动化控制系统(L1 级)。

3.8.2 步进梁式加热炉的设备动作顺序控制,应符合本规范第 3.3.6 条第 1 款的规定。

采用炉内悬臂辊侧装料的步进炉,坯料入炉前宜设置测长和定位装置,炉内辊道宜采用变频调速。

3.8.3 燃煤气和大型燃油加热炉仪控系统,最低应达到一级基础自动化控制水平,其控制和检测内容应符合下列规定:

1 主要的热工控制项目应包括下列内容:

- 1) 供热段炉温自动控制;
- 2) 供热段空气、燃料自动比例调节;
- 3) 炉压自动控制;
- 4) 热风总管压力调节;
- 5) 预热器保护控制;
- 6) 大型燃油加热炉燃油温度调节或黏度调节;
- 7) 助燃风机防喘震控制,即风机风门调节控制。

2 主要的热工检测项目应包括下列内容:

- 1) 各段空气和燃料小时流量(指示、记录);
- 2) 全炉燃料流量累计;
- 3) 空气、燃料及烟气的温度、压力参数;

4)空气、燃料低压信号和自动切断;低压信号和自动切断装置应保证在突然停电时仍能可靠地动作;

5)冷却水、压缩空气、蒸汽等动力介质,应根据工艺要求设流量、温度、压力等测量仪表。

3.8.4 在炉子的进料端和出料端或炉内其他部位,可根据炉型和工艺要求分别设置摄像头。

3.8.5 燃气和燃油加热炉,应设置加热炉仪表室。可通过计算机显示炉况画面和修改设定数据,并打印生产数据报表等。

4 轧钢热处理炉

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于冷轧宽带钢、硅钢带、不锈钢带、带钢连续镀锌镀锡和无缝钢管等热处理作业线热处理炉的设计,不包括热处理工艺设计。

4.1.2 热处理炉应配备必要的检测仪表和自动控制装置。应逐步扩大计算机在热处理炉上的应用范围。

4.1.3 燃煤气的热处理炉应加强炉衬的严密性,并应配合热处理工艺选用相应的燃烧装置,燃烧装置应配备自动点火和火焰监测装置。

4.1.4 炉衬材料应采用陶瓷纤维制品及各种轻质耐火材料,炉墙外表温度应符合现行国家标准《工业炉窑保温技术通则》GB/T 16618 的有关规定。

4.2 冷轧宽带钢热处理作业线

4.2.1 单垛紧卷罩式退火炉可用于产量波动大,产品品种多,规格变化大,带钢宽度不小于 600mm、厚度为 0.2~3.5mm 的冷轧薄带钢卷退火。

单垛紧卷罩式退火炉的设计应符合下列要求:

1 热处理钢种可包括冲压用钢、碳素结构钢、强度不大于 590MPa 高强度,最高退火温度应为 750℃。

2 钢卷尺寸、外形要求应符合表 4.2.1-1 的规定。

表 4.2.1-1 钢卷尺寸、外形要求

项目	钢卷内径	钢卷外径	钢卷塔形、错边
尺寸(mm)	$\phi 450$ 、 $\phi 508$ (或 510)、 $\phi 610$	≥ 1000	< 5
外形要求	内径不允许塌卷,外径捆带包扎牢固可靠,不允许散卷		

3 罩式退火炉的供热宜选用气体燃料,电力资源丰富地区可采用电能,不宜采用液体燃料。气体燃料技术指标应符合表 4.2.1-2 的规定。

表 4.2.1-2 罩式退火炉气体燃料技术指标

项目	发热量(kJ/m ³)	压力(kPa)	杂质含量(mg/m ³)		
			H ₂ S	焦油	萘
技术指标	≥6700(允许波动±5%)	12~15	≤15	≤10	≤100

4 罩式退火炉内的可控气氛种类可根据气源条件确定,可控气氛种类和氢(氮)气技术指标应符合表 4.2.1-3 和表 4.2.1-4 的规定。

表 4.2.1-3 可控气氛种类

可控气氛种类	氮氢混合气	全氢	氮分解
H ₂ 含量(%)	3~5	100	75
N ₂ 含量(%)	97~95	—	25

表 4.2.1-4 氢(氮)气技术指标

项目	纯度(%)	含氧量	露点(℃)	车间接点压力(kPa)
技术指标	≥99.999	<10×10 ⁻⁶	-40~-60	≥10.0

注:氮气必须连续供应,并设置紧急事故氮气供应系统。

5 用于炉台密封冷却、工艺喷淋冷却或分流冷却的冷却水必须循环使用。炉台密封冷却应配备事故状态供水系统。用水量宜为 1~2t/h。

6 炉台数量的确定应符合下列规定:

- 1) 年工作小时可按 8000h 计;
- 2) 装料量应按装料高度为钢卷最大直径的 2.0~2.6 倍计算;
- 3) 不同退火工艺制度、不同内径的钢卷不应混装;
- 4) 炉台数和加热罩数应根据产品大纲和热处理制度计算各品种、各规格带钢占用炉台时间与占用加热罩时间确定。

7 罩式退火炉单位燃料消耗指标,应与退火处理品种、退火温度、带钢宽度及炉子大小等因素有关,可控制在 $600\sim 800\text{MJ/t}$ 。

4.2.2 罩式退火炉主要设备应包括炉台、加热罩、内罩、冷却罩、阀架、中间对流板、顶部对流板、供热系统、排烟系统、可控气氛供排系统、炉内气氛循环系统、冷却水供排系统、分流或喷流冷却系统、供电系统、检测与自动控制系统、工艺控制与管理系统。

在同一车间内相同规格的炉台与其相配套的加热罩、冷却罩、内罩之间应具有良好的互换性。

4.2.3 炉台应由支撑座、底部壳体钢结构和耐热钢制成的底部导流板、循环风机、压紧装置、炉台密封冷却水箱和炉台隔热材料组成。炉台设计应符合下列要求:

1 底部导流板应由耐热钢铸造或耐热钢构件制成,炉台平面度形状公差应小于 0.5mm ;炉台中心线允许误差为 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

2 炉台与内罩间应采用水冷硅橡胶密封,并采用手动压紧、气动压紧或液压压紧方式压紧。

3 压紧装置应在炉台周围均匀布置。气动压紧气源工作压力应大于 0.6MPa ,液压压紧工作压力应为 $12\sim 14\text{MPa}$ 。

4 循环风机应安装在炉台底部中心,应由叶轮与异步、双速或变频电动机组成,轴承应采用水冷套冷却,并用于油或油雾润滑,轴承与轴之间应允许轴向滑动,循环风机工作压力应为 $4.0\sim 5.0\text{kPa}$ 。

5 在退火车间内罩式炉数量较多时,炉台周围煤气接管,燃烧废气接管,电气插座,供、排水接管,加热罩支撑座,导向柱等必须用同一个安装模具安装。

6 在炉台周围互成 90° 的加热罩 4 个支撑座,顶面标高必须一致,允许误差应小于 1.0mm 。

7 在炉台外周互成 180° 的两根一高一低的导向柱,其高差可为 $200\sim 300\text{mm}$,导向柱垂直度偏差应小于 5.0mm 。

8 炉台壳体内钢结构之间应填充陶瓷纤维。

9 罩式炉车间应设有供新工艺试验、研发的试验炉台。

4.2.4 圆筒形加热罩应由加热装置(烧嘴)、空燃比和温度控制系统、助燃风机、空气预热器、排气管线、内衬、顶部吊环、空气和燃气管道等组成。加热罩的设计应符合下列规定：

1 采用气体燃料时烧嘴设计应符合下列规定：

- 1) 烧嘴中心线应在加热罩的假想圆切线方向分排均匀布置；
- 2) 每个烧嘴的能力宜小不宜大，火焰长度宜长不宜短，助燃空气必须预热；
- 3) 助燃风机应安装在加热罩上，空气应经预热器后供到每个烧嘴；
- 4) 烧嘴应设点火装置及火焰监测装置；
- 5) 全氢罩式退火炉应设废氢气燃烧装置。

2 采用气体燃料的罩式退火炉可采用车间内自然排烟，也可采用排烟机和烟囱集中排烟。可控气氛排放应采用独立排气系统。

3 加热罩的煤气接管、排烟管接管、电源、控制系统接线可采用自动对接或手动联接。

4 加热罩钢结构应由厚度为 5.0mm 钢板焊接制成，顶部吊环位置应在加热罩所有附件安装定位后固定，吊环位置必须保证外罩平衡。

5 采用电能时，使用温度为 950℃ 的 Ni-Cr 质电阻带应布置在加热罩下部的内壁上。电热体应采用异型高铝砖吊挂。

4.2.5 罩式退火炉内罩应由圆筒形的筒体、滚压成形的圆顶和底部法兰组成，内罩设计应符合下列要求：

1 内罩筒体材质可采用 1Cr20Ni14Si2 耐热钢板气密焊接制成，底部法兰材质可采用 Q235-B 制作。

2 内罩数量应与炉台数量一致。

3 内罩可为横向波纹圆筒或平板圆筒。

4 内罩结构下部应采用厚度为 6.0mm 钢板制作,上部可采用厚度为 5.0mm 钢板制作;直径公差应为 D_0^{+5} mm。

5 采用连续气密焊接时,两环钢板的垂直焊缝必须错开,不应贯通。

6 底部法兰应采用 50.0mm 厚钢板制作,必须经过机加工,底面平面度公差应为 0.5mm,直径公差应为 D_0^{+2} mm。

7 内罩与加热罩之间,应采用经清洗过的干燥石英砂或环形陶瓷纤维制品密封。

8 顶部应为滚压成型或模压成型的球面圆顶。

4.2.6 罩式退火炉冷却罩应由圆形筒体、冷却风机、水冷喷管等组成,冷却罩的设计应符合下列要求:

1 冷却罩数量应由热处理工艺时间计算确定。

2 圆形筒体应由 4.0~5.0mm 耐热钢板或普碳钢板制作,直径公差应为 D_0^{+2} mm。

3 冷却风机采用 1 台轴流风机时,应装在圆筒顶部,冷风应从下部吸入;采用两台以上离心风机冷却时,应均匀布置。水冷喷管应装在圆筒的顶部。

4.2.7 退火钢卷垛的两层钢卷之间必须放一块中间对流板,顶部应放一块顶部对流板,一个炉台应配备 3~4 块中间对流板。

对流板材质宜采用 Q345,导流片必须用同一块钢板制成,平面度形状公差应小于 0.5mm。

4.2.8 罩式退火炉退火过程的检测和控制应自动进行,中间可进行人工干预,自动检测控制系统应符合下列要求:

1 退火过程应对炉温、可控气氛的压力、流量、露点和含氧量,介质(燃气、水)温度、压力和流量等参数进行检测、控制、指示、记录和报警。

2 当退火工艺选定后,控制系统必须对退火周期进行自动控制,应具有退火工艺设定、输出、记录、统计和存档功能,并设置与上位机数据交换接口。

3 系统必须设有完善的自动安全诊断及故障处理功能。

4 应设置区域防火、防爆的监控、报警系统。

4.2.9 最终冷却台数量可按炉台数的 0.5~0.6 倍确定。最终冷却台应包括风机及消声器、底板、中间对流板和顶部对流板。冷却台可设置在地下,也可设置在地面上。风机风压应为 0.9~1.3kPa。

4.2.10 立式连续退火炉可用于产量大、机组速度高,带钢宽度不小于 600mm,且厚度不大于 2.50mm 的冷轧薄带卷连续退火。立式连续退火炉设计应符合下列要求:

1 热处理方式应为带钢连续退火。

2 热处理钢种应为冲压用钢、碳素结构钢、高强钢。

3 钢卷规格应符合表 4.2.10 的规定。

表 4.2.10 钢卷规格

项目	钢卷内径	钢卷外径	带钢厚度	带钢宽度
尺寸(mm)	φ450、φ508 (或 510)、φ610	φ900~φ2400	0.15~2.50	600~2100

注:最大卷重为 45t。

4 应按工艺提出的热处理曲线制定热处理制度。

5 退火炉工作温度应为 920℃,带钢最高处理温度应为 890℃。

6 连续退火炉单位燃料消耗量应根据退火材料级别、退火温度、小时产量、带钢速度等因素确定,不同品种单耗波动应为 740~1300MJ/t。

4.2.11 立式退火炉应由进口密封装置、预热段、辐射管加热段、均热段、缓冷段、快冷段、时效段、最终冷却段、出口密封装置、水淬装置、挤干与干燥等主要炉段和带钢传输系统组成。

普通冷轧板及汽车板退火速度宜为 250~450m/min;镀锡板退火速度宜为 500~880m/min;可控气氛宜采用氮氢混合气。

4.2.12 进口密封装置应满足防止炉内气体外溢、阻止外部空气

进入炉内的要求,主要设施应由进口密封箱、一对密封辊、密封辊开关汽缸、两个密封挡板、氮气密封管等组成。

4.2.13 预热段应采用加热段辐射管排出的烟气经预热器加热的可控气氛预热带钢,预热段主要设备应包括可控气氛喷箱、预热器、循环风机及管道。

4.2.14 辐射管加热段及均热段设计应符合下列规定:

1 带钢应预热之后进入辐射管加热段,并加热到工艺所要求的温度,并应在均热段保持一定时间。

2 加热段和均热段应为两个独立炉室,均可采用燃气燃烧的辐射管供热,均热段也可采用电加热。采用燃气辐射管供热的加热段或均热段的设计应符合下列规定:

- 1)应采用“抽一鼓”型辐射管,内置式空气预热器,辐射管外形宜采用 W、U、P 形;
- 2)燃烧废气应由排烟机抽出经预热器、烟道及烟囱排出;
- 3)烧嘴应采用电火花点火和火焰监测装置;
- 4)沿带钢行程分成若干温度控制段,应按退火工艺要求控制温度;
- 5)在加热段的前几个顶辊下面和底辊上面应设有防辐射板;
- 6)在炉壳的顶部和底板应设有供检修、穿带用的盖板和穿带孔;
- 7)采用钢烟囱时,钢烟囱可自立设置或在相邻厂房柱列线之间设置。烟囱附近应采取保护措施。烟囱底部应设有排水管,并应定期排放积水。烟囱应设防雷接地装置。

4.2.15 缓冷段设计应符合下列要求:

1 喷吹冷却装置应布置在带钢两侧。

2 喷吹冷却装置应由耐热钢制成,喷嘴形式与结构应有利于组织气体喷吹方向及带钢均匀冷却。

3 翅片管状热交换器的数量和能力应与冷却装置布置相匹配。

4 循环风机本体应由耐热钢制成,风机应配调速电机。

5 在缓冷段和顶辊室、底辊室应设有可控电阻带或电辐射管加热。

4.2.16 可控气氛高速喷吹冷却的快冷段设计应符合下列规定:

1 快冷段应由可控气氛喷吹冷却装置、循环风机、可控气氛和水热交换器等组成。

2 喷吹冷却装置可分成几组,由耐热钢制成的喷箱和喷嘴应沿带钢两侧均匀布置,喷嘴与带钢间距应由变速齿轮马达调节。每组喷箱和喷嘴应由独立的循环风机、热交换器和循环管道供应可控气氛,喷嘴应沿带宽均匀高速喷吹冷却。

3 在快冷段进出口应设密封装置,顶辊室宜设一台可控气氛排放风机。

4 循环风机应由调速电机驱动,风压宜为 $10\sim 15\text{kPa}$,风量可根据热交换量确定。

5 可控气氛和水热交换器可采用铝翅片耐热钢管或传热效率高的材质制作,热交换量应按产量、带钢规格、运行速度、在冷却段停留时间、冷却速率等数据计算确定。

6 在快冷段的带钢进口、出口和两组喷箱之间应设稳定辊。稳定辊转动线速度应与带钢同步,齿轮马达驱动,每个稳定辊应由两个气缸移动。

7 在快冷段的入口前通道和出口后通道,均应设电阻带加热或电辐射管加热。

4.2.17 时效段设计应符合下列规定:

1 带钢在时效段保持一定温度或稍有下降时,应达到规定的金相组织和物理性能要求。

2 时效段结构应符合下列规定:

1)时效段可由两个独立的炉室构成,每个炉室同时设有电

阻带(或电辐射管)及喷吹冷却管,可用于调整炉内温度及启动时使用;

2)两个时效段结构相似时,两者之间应设膨胀补偿器;

3)在时效段的内侧面和顶部内衬陶瓷纤维制品隔热,应用耐热钢锚固钉固定,底面应采用轻质隔热砖,内表面应用耐热钢板保护。

4.2.18 最终冷却段设计应满足下列要求:

1 带钢在最终冷却段应从时效温度冷却到 150°C 以下。

2 最终冷却段应由若干可控冷却段组成,应以一个行程或两个行程为一个可控冷却段,并应形成独立的可控气氛循环系统。可控气氛循环系统应包括循环风机、风箱喷冷器、冷却器及管道。最终冷却段与时效段之间应设有膨胀补偿器。

4.2.19 出口密封装置设计应符合下列规定:

1 密封装置应能阻止炉内气氛外溢和炉外气体进入炉内。

2 主要设备应包括两对密封辊,每个密封辊应配有两个开关的气缸、水套、 N_2 密封系统及废气排出系统。

3 密封辊应用 Ni-Cr 钢制作,两对密封辊之间应设排气风机和管道。

4.2.20 水淬装置的设计应符合下列规定:

1 带钢从 150°C 经水淬应冷却到 $40\sim 45^{\circ}\text{C}$ 。

2 主要设备应包括脱盐水喷淋装置、水淬箱、沉没辊、循环水系统、脱盐水和冷却水热交换器,在喷淋装置顶部应设排雾风机。

4.2.21 挤干和烘干装置设计应符合下列要求:

1 挤干和烘干装置应能清除带钢表面残留水分。

2 主要设备应包括两对挤干辊、烘干设施、空气和过热水(或蒸汽)热交换器。

4.2.22 带钢传输系统应根据炉辊在炉内的不同炉段所处的工作环境和功能,采取不同的辊型。按自动控制系统检测到的带钢运行参数,应由计算机调整和控制炉内带钢张力和纠偏。带钢传输

系统的设计应符合下列规定：

- 1 炉辊应用耐热钢离心铸造，表面应进行喷涂处理。
- 2 带钢张力测量装置应设在相关炉段，轴承应采用可靠的润滑系统。
- 3 纠偏辊应设在炉室顶部。轴承、电动机和齿轮箱应由炉体钢结构支撑。
- 4 炉辊材质应根据各段工作温度确定。
- 5 辊面长度应大于最大带钢宽度 200mm，辊径可根据产品品种、规格、所在炉段及功能确定。
- 6 炉辊应由交流调速电机单独传动。

4.2.23 炉壳与钢结构的设计应符合下列规定：

- 1 炉壳应由钢板气密焊接制成，各炉段之间应设有波纹膨胀补偿器，钢结构应能支撑炉体、平台、走梯、扶手及各种管线。
- 2 炉子传动侧与厂房柱的距离应允许由车间吊车采用吊具拆装辐射管和炉辊，平台负荷可设计为 $2000 \sim 2500 \text{ N/m}^2$ 。

4.2.24 立式退火炉自动控制系统设计应符合下列规定：

- 1 测量与调节的主要项目应包括燃气、各种水、电、氢、氮、蒸汽、压缩空气等公用介质的流量、温度、压力，以及炉内气氛控制调节。
- 2 自动控制项目应包括各段的炉温检测与控制、辐射管温度检测与控制、带钢温度检测与控制、排烟系统的废气温度检测与控制、燃烧调节与控制、火焰监测，冷却系统冷却速率调节与控制，水淬系统流量、温度控制，挤干及烘干系统流量和温度控制。
- 3 带钢张力检测、调节控制。
- 4 带钢对中纠偏控制。
- 5 安全控制系统必须设有防止炉温过高、辐射管过热、气氛检测、燃气低压、火焰熄灭等监控设施。

4.2.25 立式连续退火炉应配备顶盖吊装机具，底盖装卸机具，顶辊、底辊、密封辊和稳定辊装卸机具，辐射管装卸机具，穿带机具等辅助工具。

4.2.26 公用介质接点供应条件应符合下列要求:

1 立式连续退火炉气体燃料指标应按本规范表 4.2.1-2 的规定取值。

2 立式连续退火炉的可控气氛指标应符合表 4.2.26-1 和表 4.2.26-2 的规定。

表 4.2.26-1 立式连续退火炉用氢气技术指标

项目	纯度(%)	含氧量	露点(℃)	车间接点压力(MPa)
技术指标	≥99.999	<10×10 ⁻⁶	-60	0.5~0.7

表 4.2.26-2 立式连续退火炉用氮气技术指标

项目	纯度(%)	含氧量	露点(℃)	车间接点压力(MPa)
技术指标	≥99.999	<10×10 ⁻⁶	-60	0.4~0.6

3 冷却水压力不应小于 0.4MPa,总硬度不应大于 150mg/L (以碳酸钙计),pH 值应控制在 7~8。

4.3 硅钢带卧式退火炉

4.3.1 炉型及热源选择应符合下列规定:

1 取向硅钢带和无取向硅钢带的脱碳退火,宜在卧式辊底式炉中进行连续处理。

2 硅钢带卧式退火炉宜采用煤气辐射管加热作为加热段的热源,电加热应作为均热段的热源。

4.3.2 公用介质接点参数应符合下列要求:

1 硅钢带卧式退火炉加热用焦炉煤气技术参数应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 硅钢带卧式退火炉用焦炉煤气技术参数

项目	低发热量(kJ/m ³)	压力(kPa)	杂质含量(mg/m ³)		
			H ₂ S	焦油	萘
指标	≥16700(允许波动 5%)	≥15	≤15	≤10	≤100

2 硅钢带卧式退火炉用可控气氛技术指标应按本规范表 4.2.1-4 的规定取值。

3 循环水技术要求应符合本规范第 4.2.26 条第 3 款的规定。

4.3.3 带无氧化加热段的硅钢带退火炉,无氧化加热段应使用发热量稳定的燃气,不得使用发热量很不稳定的煤气。

4.3.4 辐射管烧嘴应选用低氧化氮、火焰轴向温度分布均匀的长火焰烧嘴。在含氢可控气氛退火炉上采用的辐射管,管内应为负压。辐射管内带预热器,应自身预热助燃空气。

4.3.5 退火炉炉衬除个别部位外,宜采用轻质耐火隔热材料,炉衬材料的化学成分中氧化铁含量不得大于 1%。

4.3.6 带钢进口密封装置可由挡板、氮气封和密封辊组成,也可由任意两部分组成。

4.3.7 带钢出口处应设出口密封室,密封装置应由挡板、氮气封和密封辊组成。

4.3.8 在均热段和冷却段之间必须设置炉喉。

4.3.9 炉辊间距不宜过大,宜为 1.5~3.0m。

4.3.10 冷却段宜采用循环气体喷吹冷却装置,带钢速度大于 150m/min 时,可在低温冷却段采用水淬冷却装置。

4.3.11 退火炉必须有足够大的事故用氮气贮罐。

4.3.12 炉底辊辊颈与炉体之间可采用机械密封,密封要求严格的冷却段应采用机械密封和氮气封的复合密封。循环风机轴颈也应采用机械密封和氮气封的复合密封。

4.3.13 出口密封室应设置辉光加热器等引燃设备。出口密封室必须设置泄压装置,万一发生爆炸时可定向泄压。

4.3.14 冷却段应设置泄压装置,并宜设置辉光加热器。

4.3.15 全辐射管加热或电加热退火炉,在进口密封室处宜设置可控气氛放散阀,炉内可控气氛中氢气含量大于 10% 时,应在放散阀出口处设置点火烧嘴。

4.4 不锈带钢热处理作业线

4.4.1 不锈带钢热处理作业线可分退火—酸洗作业线和光亮退火线,退火—酸洗作业线可采用卧式炉(包括悬索式炉和气垫式炉)和立式退火炉,光亮退火线可采用光亮立式退火炉。

4.4.2 悬索式炉支承带钢的炉辊可分为敞露方式和内置方式,新建时应采用内置方式。悬索式炉应包括不供燃料的预热段、供燃料的加热段和冷却段,同时宜配置干燥段以及余热利用设施。

炉内应设置穿带设施。

4.4.3 在悬索式炉进料口和出料口处,应设置专用的密封设施。

4.4.4 炉墙和炉顶宜采用陶瓷纤维制品作为主要材料。炉衬内表面也可涂布高辐射率的涂层,炉底宜采用轻质耐火隔热材料。

4.4.5 在同一水平面上的支承辊间的水平距离与带钢的垂度和张力,可按下列公式计算:

$$L = \frac{2T_0}{q} \cosh^{-1} \left(\frac{qf}{T_0} + 1 \right) \quad (4.4.5-1)$$

$$T = T_0 + qf \quad (4.4.5-2)$$

$$S = \frac{2T_0}{q} \left[\sin h \left(\frac{q}{T_0} \times \frac{L}{2} \right) \right] \quad (4.4.5-3)$$

式中 L ——跨度(m);

f ——悬挂点与带钢最低点的垂直距离(m);

T_0 ——最低点水平方向的拉力(N);

T ——悬挂点水平方向的拉力(N);

S ——悬索的长度(m);

q ——带钢自重,均布荷载(kN/m)。

在设计温度下,不锈带钢的许用拉伸应力不宜超过 3.5 N/mm^2 。

4.4.6 悬索式炉冷却段的设计应符合下列规定:

1 应按带钢厚度、材质选择空气中自然冷却(空冷)、空气喷吹冷却、喷水雾冷却和喷水冷却等不同方式中的一种或数种,同时

合理选定冷却段结构和喷吹介质、喷出速度、喷口配置等设计参数。

2 宽带钢可将带宽方向上的喷出口分左中右三组控制,进入冷却段的带钢温度为 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 时,可利用预热器后的烟气作为喷吹介质冷却带钢,带钢的余热应用再循环回路中配置的冷却器带走。

3 产品规格范围大时,冷却水宜按流量大小分档次配置。

4.4.7 悬索式炉支承辊的设计应符合下列规定:

1 带钢线速度较低时高温段应使用陶瓷纤维辊,低温段可使用石墨辊或钢辊。

2 内置方式的供热段炉辊的中心距离宜为 $10.0\sim 20.0\text{m}$;强制对流式预热段、冷却段带钢的垂度受限制时,炉辊的中心距离宜为 $5.0\sim 6.0\text{m}$ 。敞露方式的供热段炉辊的中心距离可达 20.0m 。

3 预热段和加热段支承辊宜两个为一组,并能在不停炉的前提下迅速交替使用;冷却段可用一个钢辊。

4.4.8 光亮立式退火炉主要应由进口密封装置、加热段、辐射冷却段、对流冷却段和出口密封装置等部件组成。

4.4.9 上行式立式退火炉的炉顶转向辊,应位于对流冷却段的上方,下行式的炉顶转向辊应位于加热段的上方(前方)。立式退火炉各段应按倒 U 形配置,但退火—酸洗作业线的立式退火炉可将冷却段水平布置并采用气垫方式输送带钢。

4.4.10 带马弗光亮立式炉加热段,可使用煤气或电热作热源,无马弗光亮立式炉必须使用电热。

4.4.11 煤气烧嘴宜分层配置,宜每层两个,火焰方向与带钢面平行并互相错开。从进口算起,应在 40% 的炉高配置 50% 的供热能力,其余 40% 的炉高配置 38% 的供热能力,最后 20% 的炉高配置 12% 的供热能力。各区可分别排烟。采用电热时,电热元件也应分区分段布置和控制。

4.4.12 炉衬的主要材料宜采用陶瓷纤维制品。炉衬内表面可敷

设 0.5mm 不锈钢板或其他致密性陶瓷材料作保护层。陶瓷纤维层应配置相应的锚固件。

4.4.13 光亮立式退火炉的进出口密封应严密,且不得影响带钢张力调节的灵敏度。

4.4.14 马弗管应能在 1000℃ 以上的高温下长期使用。其结构应采用悬挂方式,并应只在顶部固定,管壁厚度应自上而下地依次减薄。马弗管下端可设置带配重的机构以平衡其自重。

马弗应预留装卸的可能,并在炉子附近预留出马弗安装和吊出所需的空间。

4.4.15 辐射冷却段的冷却速度应能调节。

4.4.16 双喷吹系统的对流冷却段,应采用气体喷吹冷却。带钢入口宜采用气体喷吹冲洗。

喷吹系统应包括喷吹冷却器、循环通风机和水冷热交换器。对流冷却段喷吹冷却器的喷吹气体流量在带宽方向上应能分区调整,并可采用带钢稳定装置。

4.4.17 炉顶转向辊的辊子直径,应按带钢的最大厚度设计。辊身应能在水平面上自由摆动一定角度。转向辊上方应设置穿带设施。

4.4.18 立式炉必须设置张力调节装置,可按带厚、带宽、炉长和处理温度调整张力。设计温度下不锈钢带的许用拉伸应力可控制在 $2.0 \sim 3.5 \text{ N/mm}^2$ 。

4.4.19 不锈钢带热处理作业线应配备先进的自动化控制及检测系统,同时采用防爆措施。

4.4.20 可控气氛应采用氢或氮氢混合气体。可控气氛露点应低于 -50°C ,含氧量应在 10×10^{-6} 以下。带厚在 0.1mm 以下时,必须大幅度降低气流喷出速度。

4.5 带钢连续镀锌、镀锡作业线热处理炉

4.5.1 热轧带钢连续镀锌作业线热处理炉宜采用卧式炉。年产

量 $3 \times 10^5 \text{ t}$ 以上的冷轧带钢连续镀锌作业线热处理炉应采用立式炉,年产量 $2.5 \times 10^5 \text{ t}$ 以下应采用卧式炉。

立式炉应包括入口密封装置、预热段、加热段、均热段、冷却段、均衡段、热张紧辊段和出口炉鼻子。

卧式炉应包括入口密封装置、预热段、加热段、均热段、冷却段、热张紧辊段和出口炉鼻子。

4.5.2 连续镀锌作业线热处理炉供热应符合下列要求:

1 带钢连续镀锌作业线热处理炉可使用的燃料,应包括煤气、柴油、石化副产燃料和电能。

2 燃料的选择,应满足连续镀锌作业线热处理炉炉型的需要。

3 热张紧辊室内应设置加热器,并应满足热张紧辊室启动时升温,作业时维持带钢进入锌锅温度。

4.5.3 燃烧装置应符合下列要求:

1 带钢连续镀锌作业线热处理炉燃烧装置的选择与配置,必须满足热风燃烧、炉温均匀、控制准确、调节范围大、便于操作及环保节能等要求。

2 带钢连续镀锌作业线热处理炉,应采用无氧化烧嘴、辐射管烧嘴装置。

3 热处理炉采用无氧化烧嘴时,宜采用发热量大于 15000 kJ/m^3 的高热值燃料,空气过剩系数宜为 $0.95 \sim 0.98$,炉内应呈弱还原性气氛。可采用后燃烧烧嘴。

热处理炉采用辐射管烧嘴时,宜采用“抽一鼓”式燃烧方式。

4.5.4 炉衬材料应符合下列要求:

1 热处理炉除烧嘴砖、炉底或易受到气流冲刷和机械冲击的部位外,均应采用陶瓷纤维制品炉衬。

2 陶瓷纤维制品炉衬应用锚固钉固定,在无氧化烧嘴热处理炉内的锚固钉不得露出炉衬之外,陶瓷纤维叠砌时宜采用 Z 型模块结构。

3 通可控气氛的热处理炉,应在陶瓷纤维制品炉衬内侧覆盖一层 0.5~1.0mm 不锈钢内衬板,并由锚固钉固定。

4.5.5 可控气氛的选择和设计应符合下列规定:

1 带钢连续镀锌、镀锡作业线热处理炉可利用钢铁厂空分制氧副产氮气,添加适量氢气,制取的氨基气氛可作为控制气氛。

2 企业无副产氮气且可控气氛用量超过 $100\text{m}^3/\text{h}$ 时,可采用高纯氮制取装置。用量不足 $50\text{m}^3/\text{h}$,可采用氨分解气氛。

3 可燃成分较高的可控气氛,排放到大气前,宜经过水封后燃烧掉。

4 采用有爆炸可能的可控气氛时,应使用氮气进行吹扫放散。放散量应为可控气氛在炉内充满净空容积的 5 倍,放散用氮气中的残氧应小于 0.5%。

5 可控气氛的纯度、压力和露点等指标,应按本规范表 4.2.26-1 和表 4.2.26-2 的规定取值。

4.5.6 连续镀锌作业线热处理炉应配备炉辊吊装工具、辐射管吊装工具、穿带工具和上、下揭盖机等辅助工具。

4.5.7 连续镀锌作业线热处理炉三电控制系统的设计,应符合下列规定:

1 带钢连续镀锌作业线热处理炉热工检测和自动控制项目应包括下列内容:

- 1) 炉温自动控制或 ON/OFF 控制;
- 2) 空燃比自动控制;
- 3) 炉压自动控制;
- 4) 空气、煤气低压时自动切断;
- 5) 空气流量记录,煤气流量记录并累计;
- 6) 空气、煤气等能源介质,以及预热器前后烟气的温度、压力等热工参数的检测;
- 7) 易爆性可控气氛的低压报警与自动增压;
- 8) 炉气残氧控制;

- 9)带钢温度的测量与控制;
- 10)计算机程序控制的热处理曲线;
- 11)预热器自动掺冷风、热风放散的控制;
- 12)可控气氛的流量、压力、露点、成分组成显示;
- 13)冷却水出口温度显示;
- 14)带钢张力控制;
- 15)带钢纠偏控制。

2 带钢连续镀锌作业线热处理炉可设一点或多点工业电视。

4.5.8 冷轧带钢连续镀锡作业线热处理炉的设计,应符合下列要求:

- 1 镀锡或原(基)板钢类型应为 MR、L、D。
- 2 产品类别应为 T2.5、T3、T4、T5 等。
- 3 钢带厚度应为 0.15~0.55mm,宽度应为 700~1280mm。

4.5.9 冷轧带钢连续镀锡作业线热处理炉应采用辐射管加热的立式炉。立式炉应由入口密封装置、预热段、辐射管加热段和均热段、缓冷段、快冷段、时效段、最终冷却段、出口密封装置、水淬装置、烘干等主要炉段和带钢传输系统组成。各炉段组成应符合本规范第 4.2.12~4.2.25 条的规定。

4.5.10 可控气氛的选择和设计,应符合本规范第 4.5.5 条的规定。

4.5.11 连续镀锡作业线热处理炉三电控制系统的设计,应符合本规范第 4.5.7 条的规定。

4.6 无缝钢管热处理炉

4.6.1 无缝钢管中的油井管和管线管的热处理宜选用步进式热处理炉。小批量的高压锅炉管及不锈钢管的热处理宜选用辊底式热处理炉。大规格顶管机组生产的大口径、厚壁和单根重量大的钢管热处理宜选用车底式热处理炉。钻杆对焊后热处理宜采用感应式热处理炉。

大管径、规格波动小的无缝钢管热处理,可采用分室式快速炉。

网带式炉可用于特殊用途的细钢管的热处理。

4.6.2 无缝钢管热处理炉的控制系统应符合下列要求:

1 烧嘴应采用自动点火和火焰监测装置,空气、燃气应自动比例调节,炉膛压力应自动控制,计算机应自动跟踪热处理曲线。

2 自动控制系统应通过仪表和计算机显示,并自动记录炉膛温度、炉膛压力、燃烧空气系数、燃料和空气的压力及流量、排烟温度等,应自动调节热处理炉相应参数。

4.6.3 无缝钢管热处理炉必须保证钢管在长度和横截面上温度均匀,经热处理后的管子应达到平直度高的要求。

4.6.4 油井管热处理作业线应包括淬火和回火,均宜选用步进式炉。具体炉型结构选择应符合下列要求:

1 常用的油井管淬火炉炉型结构可按表 4.6.4-1 的规定确定。

表 4.6.4-1 常用的油井管淬火炉炉型结构

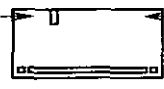
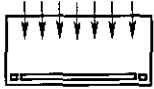
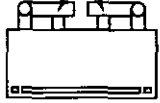
项 目	炉型 1	炉型 2	炉型 3	炉型 4
简图				
炉温均匀性	最差	较好	最好	较好
额定单耗 (kJ/kg)	1670	1880	1420	1550
最大供热能力 配置(kJ/kg)	1900	2140	1620	1760
维 修	最简单	简单	复杂	最简单
投 资	最低	较高	最高	低

注:1 炉型 3 适用的管壁厚度范围宽(厚度可达 120mm),在炉时间长,适用于间断性生产。采用炉型 3 时,顶部烧嘴应采用平焰烧嘴。

2 对于管壁薄、壁厚范围窄的钢管,属于连续生产,在炉时间短,可采用其他三种炉型。

2 常用的油井管回火炉炉型结构可按表 4.6.4-2 的规定确定。

表 4.6.4-2 常用的油井管回火炉炉型结构

项 目	炉型 1	炉型 2	炉型 3
简图			
炉温均匀性	一般	较好	最好
额定单耗(kJ/kg)	1460~1590	2300	840
最大供热能力配置 (kJ/kg)	1660~1810	2620	950
维修	简单	复杂	复杂
投资	较低	最高	高

注:1 回火炉炉长较短时,宜采用炉型 1。

2 回火炉炉长较长时,应采用炉型 3。烧嘴不能布置在炉顶上,应采用循环风机。

3 油井管热处理线的淬火炉和回火炉的有效长度比可为 1:2。

4 钢管热处理步进梁式炉的齿距应为工件外径的 1.3~2.0 倍,步距应比齿距小 20~50mm。升降行程约 200mm 时,步进周期时间应为 15~30s。

4.6.5 热轧和冷轧、冷拔结构无缝钢管的退火宜选用辊底式退火炉,需要光亮处理的高压锅炉管、合金钢管和一般结构无缝钢管,应选用可控气氛的辊底式炉。微氧化退火炉的技术参数可按表 4.6.5-1 的规定确定。高压锅炉管热处理温度和时间技术参数、高压锅炉管热处理用辊底炉的技术参数可按表 4.6.5-2 和表 4.6.5-3 的规定确定。

表 4.6.5-1 微氧化退火炉的技术参数

规格(钢号)	$\phi 38 \times 4$ (12Cr1MoV)	$\phi 88.9 \times 6.3$ (12Cr1MoV)	$\phi 51 \times 5$ (12Cr1MoV)	$\phi 70 \times 5.6$ (12Cr1MoV)
退火温度(°C)	950	720	1020	760
保温时间(min)	15	30	30	60
额定单耗(kJ/kg)	1335	790	1535	1005
工件出炉(室) 温度(°C)	350	350	350	350

表 4.6.5-2 高压锅炉管热处理温度和时间技术参数

钢 号	热处理制度			
	正火		回火	
	正火温度(℃)	保温时间(min)	回火温度(℃)	保温时间(min)
12Cr1MoV	980~1020	30	720~760	60
12Cr2MoWVTiB	1000~1050	30	760~790	180
10Cr9Mo1VNb	1040~1080	30	770~790	180

表 4.6.5-3 高压锅炉管热处理用辊底炉的技术参数

项 目	热处理制度				
	退火	正火		回火	
典型管径(mm)	φ51×6.3	φ42×5	φ60×5	φ42×5	φ60×5
钢号	T91(10Cr9Mo1VNb)	12Cr1MoV	12Cr1MoV	12Cr1MoV	12Cr1MoV
退火温度(℃)	1080	(980~1020)±5		(740~760)±5	
保温时间(min)	30	30	30	60	60
产量(t/h)	5.0	5.8	5.7	4.2	4.25
额定单耗(kJ/kg)	1080	1010	1010	790	790
可控气氛消耗 (m ³ /h)	200	200	200	200	200

注:1 可控气体用3%~5%氢气,97%~95%氮气。

2 辊底式炉宜采用气体燃料辐射管加热。

4.6.6 钻杆对焊后感应热处理装置可分为固定式和移动式。感应线圈应根据加热部位不同选择内面加热、外面加热或平面加热。

4.6.7 大口径、厚壁和单根重量大的钢管热处理宜选用车底式炉。炉膛宽度小于1.5m的车底式炉,应在一侧炉墙上布置烧嘴。炉底面积小于或等于20m²的车底式热处理炉,宜在单侧或双侧炉墙的下部布置一排烧嘴。炉底面积大于20m²的车底式热处理炉,除在双侧炉墙上布置下排烧嘴外,宜在炉口及炉后各布置一对上排烧嘴。燃煤气的车底式炉应采用高速、亚高速、自身预热烧嘴

或平焰烧嘴。车底式热处理炉的供热分配应符合表 4.6.7 的规定。

表 4.6.7 车底式热处理炉的供热分配

车底式炉规格	供热量分配(%)	
	上排	下排
$\leq 20\text{m}^2$	0~10	100~90
$> 20\text{m}^2$	10~20	90~80

4.6.8 车底式热处理炉应减少下部烟道埋入地下的深度,可采用炉内下排烟、炉外上排烟结构。排烟口宜降到台车面以下。

4.6.9 台车四周应设置密封装置,并宜采用柔性密封。

5 金属制品热处理炉

5.1 一般规定

5.1.1 金属制品用炉的热源可根据工程条件,按煤气、燃料油和电的顺序选用。

5.1.2 以煤气或燃料油为燃料的金属制品热处理炉,宜采用微氧化或无氧化热处理技术,不宜采用传统的耐火材料马弗型热处理炉。

5.1.3 直径小于 $\phi 2.6\text{mm}$ 的钢丝,宜采用电直接加热的钢丝热处理炉。

5.1.4 钢丝的酸洗、干燥,宜利用烟气余热作为热源。

5.1.5 钢丝热处理炉炉墙外表温度应符合现行国家标准《工业炉窑保温技术通则》GB/T 16618 的有关规定。

5.1.6 新建和改建的金属制品用炉,其设计额定单耗应符合表 5.1.6 的规定。

表 5.1.6 金属制品用炉设计额定单耗

热处理炉类型	处理钢丝直径(mm)	额定单耗(MJ/t)	
		燃料为煤气或油	电加热
连续热处理炉 (马弗炉)	$\phi 0.4 \sim \phi 2.4$	≤ 2510	—
	$\phi 2.4 \sim \phi 4.4$	≤ 2300	—
	$\phi 4.4 \sim \phi 6.5$	≤ 2100	—
连续热处理炉 (电炉)	$\phi 0.4 \sim \phi 1.0$	—	≤ 1260
	$\phi 1.0 \sim \phi 2.0$	—	≤ 920
	$> \phi 2.0$	—	≤ 840
周期作业热处理炉	低碳钢丝	≤ 2100	—
	特殊钢丝	≤ 3500	—
钢丝热镀锌	—	≤ 840	≤ 420

5.2 马 弗 炉

5.2.1 带小孔马弗砖的马弗炉长度与钢丝直径的关系应按表 5.2.1 的规定确定。

表 5.2.1 马弗炉长度与钢丝直径的关系

钢丝直径(mm)	$<\phi 2.4$	$\phi 2.4 \sim \phi 5.0$	$>\phi 5.0$
马弗炉长度(m)	<11	11~15	>15

5.2.2 用煤气或油作燃料时,烧嘴可布置在马弗砖以上的炉子两侧墙上,或布置在进料端上部端墙上。

5.2.3 马弗炉内钢丝加热时间应符合表 5.2.3 的规定,应与钢丝在铅锅中等温转变时间相适应。

表 5.2.3 马弗炉内钢丝加热时间

项 目	数 值		
钢丝直径(mm)	$\phi 0.8 \sim \phi 2.8$	$\phi 2.8 \sim \phi 3.8$	$\phi 3.8 \sim \phi 9$
单位加热时间(min/mm)	0.4~0.5	0.5~0.8	0.8~1.1
D·V 特性值(mm·m/min)	35~15		

5.2.4 细钢丝光亮热处理的马弗管内应通可控气氛。必要时可用电加热。

5.2.5 马弗炉应配备炉温自动控制、空燃比自动控制、炉压自动控制和热工测量项目。

5.2.6 供热能力,应按炉子处理各种直径钢丝中产量最大者配备,宜采用多个小烧嘴。

5.2.7 马弗孔之间间距宜为 50~75mm,细线宜为 30~50mm。马弗孔的数量宜设计为 24~32 孔。

5.3 明火加热炉

5.3.1 粗钢丝热处理明火加热炉可采用发热量较低的气体燃料,空气过剩系数可为 0.9~1.1。

5.3.2 细钢丝热处理少氧化明火加热炉,燃料发热量应大于

8500kJ/m³,发热量的波动范围应小于5%,空气预热温度应大于500℃,空气过剩系数宜小于0.9。在加热炉结构和操作控制上应保证不完全燃烧气氛不外泄,燃烧系统应保证炉气在出炉前完全燃烧。

5.3.3 无氧化明火加热炉钢丝氧化量应控制在0.1%~0.3%,应采用发热量不小于8500 kJ/m³的煤气,发热量的波动应小于5%,空气预热温度应为550~600℃,空气过剩系数宜为0.4~0.6。钢丝温度在500℃以上的炉段,炉气应为还原性气氛。应保证不完全燃烧气氛不外泄,炉气在出炉前应完全燃烧。

5.3.4 热源应采用煤气、油或电。

5.3.5 炉体应有足够密封性,对于无氧化或少氧化加热炉,还应在钢丝的进出料口采取实现可靠密封的措施。

5.3.6 炉长宜小于20.0m。

5.3.7 配备的热工仪表应符合下列要求:

- 1 炉温自动控制。
- 2 空燃比自动控制。
- 3 炉压自动控制。
- 4 炉气成分测定或监控。
- 5 各项能源介质消耗的测定。
- 6 车间应配备热值仪。

5.3.8 处理的钢丝直径宜大于 $\phi 1.2\text{mm}$ 。 $D \cdot V$ 特性值宜大于50。明火加热炉内钢丝加热时间可按表5.3.8的规定确定。

表 5.3.8 明火加热炉内钢丝加热时间

项 目	数 值	
钢丝直径(mm)	$\phi 1.2 \sim \phi 3.5$	$\phi 3.5 \sim \phi 9.0$
单位直径加热时间(min/mm)	0.20	0.20~0.35
$D \cdot V$ 特性值(mm · m/min)	50~60	

5.4 电直接加热炉

5.4.1 电直接加热炉应设置接触槽、加热段和淬火槽。接触槽和淬火槽之间应为加热段。加热段的长度应按钢丝的加热时间和加热温度计算确定。

5.4.2 供电电源应与车间电网隔离。电压控制宜采用可控硅调节。

5.4.3 接触槽宜用电加热。处理的钢丝直径变化较小时,宜采用固定式接触槽。

5.4.4 淬火槽设计应符合本规范第 5.5 节的规定。

5.4.5 钢丝运行速度不宜大于 20m/min,工作电压宜为 30~65V,加热段长度宜为 1.5~2.5m。加热段区钢丝应置于槽形砖内,槽中应铺木炭屑。

5.4.6 接触槽和淬火槽之间应可靠绝缘。操作区应铺绝缘地坪,并应保持干燥。

5.4.7 加热钢丝的电流和电压应作详细计算。电压应在安全电压范围内。

5.5 铅淬火炉(铅锅)

5.5.1 马弗炉后的铅锅长度可为炉长的 1/3,明火炉后的铅锅长度可为炉长的 1/2。

5.5.2 铅锅内淬火介质可用沸肥皂水、沸石蜡皂水或沸盐水代替铅。

5.5.3 淬火炉产量较大时,铅锅必须增加冷却设施和铅循环泵,可分为风冷或敞口水槽冷却方式。铅循环泵的循环量和循环压力必须计算确定。

5.5.4 铅锅内铅液温度宜为 460~540℃。在铅时间与钢丝直径的关系应符合表 5.5.4 的规定。

表 5.5.4 在铅时间与钢丝直径的关系

钢丝直径(mm)	$\phi 0.2 \sim \phi 3$	$\phi 3 \sim \phi 3.8$	$\phi 3.8 \sim \phi 9$
在铅时间(min)	0.2~0.4	0.4~0.7	0.7~2.3

5.5.5 铅锅的供热能力应能在 16.0~24.0h 内将铅熔化。

5.5.6 设计铅锅时必须有相应的铅蒸气防护措施,可采用非铅介质淬火设施。

5.6 镀锌炉

5.6.1 侧面和底部供热式镀锌炉,锌锅宜用 08F 或 05F 钢板焊制,液面供热式镀锌炉锌锅宜用钢板锅内衬耐火材料制作。

5.6.2 上热式锌锅应使用气体或液体燃料。燃烧室应设置在锌锅的一侧、两侧或中间。

5.6.3 锌锅内锌液温度应为 450~470℃。锌液深度应满足压辊下部大于 300mm、上部大于 150mm 的要求。燃烧装置供热能力设计应能在 16.0~24.0h 将冷锌全部熔化。

5.6.4 设计额定单耗应按本规范表 5.1.6 的规定取值。

5.6.5 镀锌炉前端(钢丝入口端)必须设置干燥台,干燥台热源应利用镀锌炉燃烧室炉顶散热或排出的烟气余热。

5.6.6 镀锌炉锌液表面应有保温设施。

5.6.7 钢丝浸锌时间应为每毫米直径 2.5~3.0s。可根据钢丝直径和运行速度计算锌锅的有效长度。

5.7 干燥炉

5.7.1 在线干燥炉的热源,宜利用热处理炉的烟气余热或热风作为传热介质。

5.7.2 采用电能的离线干燥炉,应避免伸出的钢丝端头接触电热体。

5.7.3 隧道式离线干燥炉,炉长宜为 10.0~12.0m,干燥炉出口处应保持一定炉温。箱式干燥炉应采用热风循环方式,应用热风喷吹进行干燥。

6 工业炉燃料及燃烧设备

6.0.1 燃料选择应符合下列规定：

1 本企业的副产煤气应首先供应工业炉使用。工业炉用混合煤气的发热量应经济合理。

2 没有副产煤气或副产煤气供应不足时，可根据条件用天然气或燃料油作为工业炉的燃料。

3 轧钢加热炉严禁直接用煤或煤粉作燃料。

6.0.2 燃料质量应符合下列规定：

1 气体燃料应符合下列规定：

- 1) 燃气发热量应稳定，生产中允许波动范围应为 $\pm 5\%$ ；
燃气压力应稳定，车间燃气接点压力允许波动范围应为 $\pm 5\%$ ；
- 2) 混合煤气平均含尘量应低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ；加热炉用单一高炉煤气或转炉煤气时，特殊情况下含尘量不得高于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- 3) 焦炉煤气焦油含量应低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2 液体燃料应符合下列规定：

- 1) 工业炉采用的重油质量应符合国家现行标准《燃料油》SH/T 0356 的有关规定；
- 2) 油压应符合所选用喷嘴的要求，接点压力波动值不应超过 $\pm 5\%$ ；
- 3) 供油系统应满足油喷嘴雾化燃烧所要求的油黏度和洁净度，并保持稳定的油温，喷嘴前的黏度宜为 $(20\sim 50) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ ($3^\circ\text{E} \sim 7^\circ\text{E}$)；
- 4) 采用渣油作燃料时，预热装置应具备使油温加热至

150℃的能力；

- 5)燃油喷嘴前(包括过滤器和稳压阀)均应安装蒸汽吹扫残油的装置。

3 对有特殊要求的加热炉和热处理炉的燃料质量,应按本规范的有关规定执行。

6.0.3 按最大热负荷配备燃烧装置时,不应再留富裕能力。

6.0.4 使用单一高炉煤气作为加热炉燃料时,应采用双蓄热燃烧系统。

6.0.5 燃油加热炉在设计中应选用全热风燃油喷嘴,助燃空气应全部用强制送风的方式输入。

7 工业炉烟气余热回收及其装置

7.1 一般规定

7.1.1 燃油或燃煤气的轧钢连续加热炉,必须设置预热器回收和利用烟气余热,并应用于预热助燃空气或煤气。

7.1.2 年工作时间超过 2000h、烟气流大于 $20000\text{m}^3/\text{h}$ 、排烟温度高于 550°C 连续或间断生产的工业炉,均应设置烟气余热回收装置。

7.1.3 烟气余热回收装置宜靠近工业炉的排烟口。烟道应有良好的保温和密封性能,并有可靠的防水、排水措施。

7.2 烟气余热回收装置

7.2.1 余热回收装置的形式应由工业炉的工艺特点和作业方式确定,应做到安全可靠、经济合理。

7.2.2 工业炉用预热器的设计参数,应根据预热器形式和进入预热器时的烟气参数,以及排烟方式等多种因素合理选用。对于轧钢加热炉,当烟气温度在 $500\sim 850^\circ\text{C}$ 时,预热温度可为 $250\sim 650^\circ\text{C}$ 。自然排烟时,预热器后的排烟温度应控制在 $350\sim 450^\circ\text{C}$;机械排烟时,预热器后的排烟温度应控制在 $200\sim 350^\circ\text{C}$ 。当烟气温度高于 1000°C 时,宜用蓄热室或辐射预热器回收烟气余热。

7.2.3 新设计的预热器连续使用寿命不应低于 3 年,简单的成本静态回收期不应超过 2 年。

7.2.4 预热器的材质应按进入预热器的最高烟气温度、烟气中腐蚀介质的含量和炉况波动时的不利因素选用。

7.2.5 预热器的寿命不应采用旁通烟道和旁通冷风管道系统延长。

7.2.6 预热器前后烟道均应设人孔。

7.2.7 焊接结构金属预热器安装前,对预热器各处焊缝经检查合格后,均应进行气密性试验。试验前不得涂漆和保温。气密性试验后,风箱不得发生变形。预热器整体气密性试验应符合下列规定:

1 煤气预热器气密性试验应符合下列规定:

- 1) 试验压力:炉区接点压力加 15kPa ,但不低于 30kPa;
- 2) 试验时间:2.0h;
- 3) 总的最大压降率应小于 1%。

2 空气预热器气密性试验应符合下列规定:

- 1) 试验压力:助燃风机压力(或炉前接点压力)加 5.0kPa,但不低于 20kPa;
- 2) 试验时间:2.0h;
- 3) 总的最大压降率应小于 2%。

8 安全卫生与环境保护

8.1 安全卫生

8.1.1 工业炉设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《钢铁冶金企业设计防火规范》GB 50414 的有关规定。

8.1.2 工业炉的防爆应符合下列要求：

1 燃煤气的工业炉设计必须符合现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 的有关规定。

2 燃煤气的工业炉，空气管道上应设防爆阀，煤气管道上也可设防爆阀。

3 空气、煤气双蓄热式工业炉必须设置双烟囱排烟系统。

4 炉内气氛与空气达到一定混合比后，在一定温度下有爆炸可能的工业炉，在炉体的相应部位必须设有防爆装置。

8.1.3 气温出现在 0℃ 以下并持续一段时间的地区，有可能冻结的工业管道应设防冻措施。

8.1.4 尘毒治理和防护必须符合下列规定：

1 炉区煤气平台和作业场所，应安装一氧化碳检测和自动报警装置，煤气平台和作业场所空气中一氧化碳最高容许浓度应为 30mg/m³。

2 使用氮气的工业炉，其通风不良的操作地坑应防止氮气泄漏积聚。

8.1.5 工业炉及其所在厂房的抗震设计应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《冶金工业抗震鉴定标准》的有关规定执行。

8.1.6 混凝土烟囱必须设置避雷针。金属烟囱必须作接地处理，接地电阻应小于 10Ω。

8.1.7 以工业炉为主体专业设计的工厂厂界噪声限制值应按现行国家标准《工业企业厂界噪声标准》GB 12348 的有关规定执行。连续生产的工业炉,作业场所的噪声不得超过 85dB(A)。

8.1.8 工业炉砌体和热介质管道应采取绝热措施。炉内钢坯定位宜采用激光检测装置。

8.1.9 工业炉梯子、防护栏杆、安全操作平台设计应符合现行国家标准《固定式钢直梯安全技术条件》GB 4053.1、《固定式钢斜梯安全技术条件》GB 4053.2 和《固定式工业防护栏杆安全技术条件》GB 4053.3 的有关规定。

8.1.10 各种管道的颜色和符号,应按现行国家标准《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB 7231 的有关规定执行。

安全标志应按现行国家标准《安全标志》GB 2894 的有关规定执行。

8.1.11 工业炉设计应符合现行国家有关机械安全和人类工效学标准的规定。

8.1.12 采用水冷却的工业炉部件或设备,供水安全等级应按表 8.1.12 的规定确定。

表 8.1.12 供水安全等级

安全等级	水源要求	用户举例	备 注
1	连续供水	步进梁,炉内悬臂辊,大、中型推钢式炉炉底管,辊底式炉炉辊等	短时停水会造成水冷构件的严重损坏
2	停水 不超过 10min	水冷隔墙,水冷炉门和炉门框,步进底式炉内水冷构件等	10min 内,虽产生汽化,但不致造成设备损坏
3	允许短期停水	短期停水不致产生汽化的水冷件	短期停水不损坏设备,又不造成较大的生产损失

8.1.13 炉用设备供电安全等级应按表 8.1.13 的规定确定。电热设备的用电安全应符合现行国家标准《电热设备安全通用要求及各类设备特殊要求》GB 5959.1 的有关规定。

表 8.1.13 供电安全等级

安全等级	供电要求	安全措施	用户举例	备注
1	连续供电	两路电源,或设柴油发电机	步进梁式加热炉汽化冷却系统,供水泵,步进机械,辊底式炉炉辊,助燃风机等	短期停电足以造成炉用设备的严重损坏
2	停电不超过 10min	两路电源	大型加热炉的装、出钢机,燃油加热炉炉区油泵等	停电不超过 10min,不致损坏设备
3	允许短期停电	无特殊措施	小型或间断式炉的炉用机械	短期停电不损坏设备且影响生产较小

8.1.14 热处理炉的安全卫生除应符合本规范的规定外,尚应符合现行国家标准《金属热处理生产过程安全卫生要求》GB 15735 的有关规定。

8.2 环境保护

8.2.1 工业炉窑污染物排放应符合现行国家标准《工业炉窑大气污染物排放标准》GB 9078 和企业所在地的有关规定。

8.2.2 工业炉窑烟囱设计必须符合下列规定:

1 工业炉窑烟囱或排气筒应设置永久采样、监测孔和采样平台。

2 蓄热式燃烧的炉窑烟囱高度不应低于 15m。

3 在烟囱周围半径 200m 的距离内有建筑物时,烟囱高出建筑物的高度不得小于 3m。

8.2.3 含有害物质的废水,在车间或车间处理设备排出口排出时,应符合现行国家标准《钢铁工业水污染物排放标准》GB 13456 的有关规定。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

钢铁厂工业炉设计规范

GB 50486 - 2009

条 文 说 明

目 次

1 总 则	· (63)
2 术 语	· (64)
3 轧钢加热炉	· (65)
3.1 一般规定	· (65)
3.2 型钢、棒线材钢坯加热炉	· (66)
3.3 热轧板带板坯加热炉	· (69)
3.4 不锈钢和硅钢板坯加热炉	· (73)
3.5 薄板坯连铸连轧加热炉	· (75)
3.6 无缝钢管机组加热炉	· (81)
3.7 炉用冷却部件	· (81)
3.8 自动化控制	· (84)
4 轧钢热处理炉	· (85)
4.1 一般规定	· (85)
4.2 冷轧宽带钢热处理作业线	· (85)
4.3 硅钢带卧式退火炉	· (96)
4.4 不锈钢带热处理作业线	· (99)
4.5 带钢连续镀锌、镀锡作业线热处理炉	· (101)
4.6 无缝钢管热处理炉	· (103)
5 金属制品热处理炉	· (104)
5.1 一般规定	· (104)
5.2 马弗炉	· (104)
5.3 明火加热炉	· (104)
5.4 电直接加热炉	· (104)
5.5 铅浴火炉(铅锅)	· (104)

6 工业炉燃料及燃烧设备	· (106)
7 工业炉烟气余热回收及其装置	· (109)
7.1 一般规定	· (109)
7.2 烟气余热回收装置	· (109)
8 安全卫生与环境保护	· (111)
8.1 安全卫生	· (111)
8.2 环境保护	· (112)

1 总 则

1.0.1 本条阐述制定本规范的目的。

1.0.2 本规范在国内是首次编写,它的使用范围不可能包括遍布各行各业、数以万计的工业炉,根据我国行业习惯和目前的专业分工,通常把非熔炼炉统称为工业炉,而熔炼炉则另有设计规范。

1.0.3 工业炉设计不能因循守旧,鼓励技术创新。强化节能减排,是实践科学发展观,建设资源节约型、环境友好型社会的时代要求。

1.0.4 工业炉是热工设备,其工程设计牵涉面广、政策性强,与其有关的部分综合性标准或行业标准也正在制定或修订中。因此,工业炉设计除执行本规范外,尚应符合国家颁布的现行有关安全卫生、环境保护、节约能源等标准的规定。

2 术 语

2.0.1 工业炉热负荷的国际单位制(SI)导出单位为 kW,但在现行国家标准《工业燃料炉热平衡测定与计算基本规则》GB/T 13338 的热平衡表中,热收支项的计量单位为 GJ/h 表示。

2.0.2~2.0.4 所列术语定义是参考德国《燃料加热炉和热处理炉订货和验收规范》VDEH 545 编写的。

2.0.5 供给工业炉的能量是指供入燃料炉的化学能或电阻炉的电能。

2.0.8 管底比仅适用于本规范。

2.0.9 本规范中涉及的气体体积(m^3),除特殊指明者外,均指温度为 273.15K、压力为 101.325kPa 状态下的体积。

3 轧钢加热炉

3.1 一般规定

本章规定不适用于初轧车间均热炉和锻钢车间的间断式炉,以及与国家明令不准再新建的轧机(如迭轧薄板轧机等)相配套的加热炉设计。

3.1.2 轧钢工艺和工厂(或车间)规模,以及轧线设备装备水平是决定炉型选择和加热炉技术装备水平的主要依据。

当工厂或车间规模较小时,加热炉的装备水平可以低一些。反之,装备水平应高一些。

当轧线工艺设备装备水平以及控制要求较高时,选择的炉型装备和控制水平也应该高一些。

在决定炉型和炉子技术装备水平时,还要考虑到建设单位的燃料条件和资金来源情况,以及建设单位的管理操作水平等。

3.1.3 炉子热效率是衡量炉子设计和使用是否节能的重要指标之一,工业炉设计应采取行之有效的节能措施,提高炉子热效率,降低燃料消耗。

3.1.4 额定单耗是在额定产量条件下,投入的燃料燃烧化学热与炉子小时产量的比值。额定单耗一般是以冷装为前提的。额定单耗同轧机类型和炉型、燃料种类等诸多因素也有关系。条文中表 3.1.4 中加热炉“平均先进指标”的热效率在 55%~60% 范围内,“先进指标”的热效率在 60%~65% 范围内。

工业炉的能源消耗除了燃料之外,还有电力、冷却水、蒸汽、压缩空气等项,特别是其中的电力占有相当的比重。因此,今后应进一步建立和考核“综合能耗”指标。

3.1.5 为了节约用水、回收余热和减少钢坯的水管黑印,推钢式

加热炉炉底管和炉内某些冷却部件,不应再采用水冷却,而应采用汽化冷却。可采用低汽包、自启动、自然循环的汽化冷却系统。

步进梁式加热炉纵梁和立柱采用的汽化冷却系统,在国内技术上已经成熟,关键设备也已国产化。当企业需要蒸汽时,宜采用汽化冷却系统。

3.1.7 短流程生产线为加热炉热装、热送创造了条件,炉型、结构和加热炉的控制系统设计时应尽量满足热装要求,提高热装温度和热装率。

3.1.8 在平面布置图的设计文件中标明工艺流程、主要设备在车间内的相对位置和能源介质的接点,保证设计文件的严谨性和完整性。

3.2 型钢、棒线材钢坯加热炉

3.2.1 炉型选择和主要结构是工业炉设计的基本内容,可采用类比法和多方案比较确定。

1 步进梁式加热炉加热钢坯质量好,操作灵活,能够适应热送热装、小批量、多品种、炉温制度变化大的操作特点,因而逐渐取代推钢式加热炉,成为轧钢加热炉的主要炉型。

步进梁式加热炉除具有加热功能外,还可以完成生产中连铸坯的储存和缓冲。尤其有利于热装,特别是直接热装操作。

2 钢坯在步进底式炉内基本上是三面加热,底面还可以吸收一部分炉底的热量,因此厚度小于等于 130mm 小规格钢坯加热采用步进底式加热炉,可以取得燃耗低、省水等方面的好处。对于厚度大于 130mm 的较大规格钢坯,透热深度较大,要求炉温较高,加热时间也较长,如用步进底式炉,则易发生炉底积渣引起操作上的困难,而且炉子长度大,会造成设备庞大以及平面布置上的困难,因此宜采用上下加热的步进梁式加热炉。

3 现代化连续小型和高线轧机的钢坯加热,宜采用步进梁式加热炉。当加热普通碳素结构钢钢坯而且轧线装备水平不高时,

或因建设单位的要求等方面的原因,并不排除采用推钢式炉,但要通过方案比较决定。

4 不锈钢和易脱碳钢因为加热工艺比较特殊,要求有较大的操作灵活性,而且这些特种钢的价格高,因此应选用装备水平较高的步进梁式加热炉。

5 步进梁式炉加热长钢坯时,如采用端部装料或端部出料,长的装出钢炉口会造成大量热损失,降低炉子热效率,而且加热好的钢坯因炉口吸冷风会引起温降。此外给炉压控制造成困难,恶化炉尾装钢区操作等。因此,宜采用炉内悬臂辊道侧装料和侧出料方式。装料侧设置液压推钢机,可以使入炉钢坯摆正在同一起步线上,而且可调整步距。

从加热炉节能和炉压控制等方面考虑,无论是加热方坯、圆坯及管坯,乃至宽度不大于 400mm 的钢坯,采用侧装料、侧出料的方式都有较多的优点。

6 步进底式加热炉加热冷装长钢坯时,入炉冷钢坯因上下表面温差大,会产生瓢曲,严重时造成操作事故。因此,入炉段应采取一定的预防措施,以减少入炉钢坯弯曲,保证炉子的正常操作。

7 推钢式加热炉采用滑坡出钢方式时,由于敞开的出料口斜坡会造成吸冷风及热辐射损失等,给加热操作带来很多恶果,这种结构在新设计的加热炉上已不再使用。也有一些原来采用滑坡出料的炉子,改造为端部托出料的例子。因此,可以采用带较短出钢区、由出钢机侧向推出的出钢方式。单排装料时,可不设置出钢槽。

8 型钢步进梁式炉加热大型坯时,由于坯料尺寸大,质量重,如果采用炉内悬臂辊侧装料或侧出料,会因为悬臂辊悬臂大、负荷重,出现设备笨重、布置困难和维修频繁等问题,因此宜采用端装料和端出料方式。

3.2.2 高速线材轧机、连续小型轧机用的原料为断面较小的长形坯料,一座加热炉可以增加有效炉长以保持合适的长宽比,并采用

侧装料、侧出料方式以提高加热炉的热效率。对于侧装料和侧出料的炉型,轧线上要布置两座或多座加热炉是不合适的。

3.2.3 炉底强度是一种经验值,一般以此作为计算加热炉有效炉长的依据。设计选用的炉底强度主要与下列因素有关:

- 炉型和上下加热段所占的比例;
- 被加热钢坯的钢种及断面尺寸;
- 入炉钢坯温度;
- 要求的出钢温度和温差;
- 加热炉各供热段热量分配和相应的炉温制度。

3.2.4 加热炉额定热负荷是新砌筑的加热炉,在额定产量下的供热量。加热炉最大热负荷是炉役后期,炉内水冷部件的隔热包扎层脱落到规定程度时,最大产量下需要的最大燃料消耗,是加热炉在各种工况下出现的最高供热量。

加热炉最大热负荷规定为额定热负荷的 1.2~1.3 倍,依此决定加热炉接点燃料流量和烧嘴装备能力。

本规范中的热负荷只计算燃料的化学热量。

3.2.5 燃烧装置的选型要考虑很多因素,设计时宜在现有类似加热炉实际使用的燃烧设备中择优选用。

侧部供热有炉子结构简单、操作方便、供热控制方便等优点,但对于坯料长度大于 10.0m 的大型燃气加热炉,容易造成炉宽方向温度不均匀。因此,要求侧烧嘴有足够长的火焰长度。对于出炉温度精度要求高的超长钢坯加热,当侧部供热无法满足加热均匀性要求时,可在均热段采用端部供热或炉顶平焰烧嘴供热。

3.2.6 炉用机械设备要求:

1 轧钢加热炉装料和出料,以及钢坯在炉内运行,目前均已实现机械化和联锁操作,甚至实现了自动化操作。因为钢坯笨重,操作环境恶劣,即使是小型钢坯或圆坯加热,均不允许采用人工操作。

2 步进炉采用液压传动,两层框架和两层辊轮并有防止跑偏

装置的炉底机械,是目前国内步进炉传动机构典型设计。

3 当坯料长度规格较多时,入炉钢坯定位装置是保证钢坯顺利装料、出料和炉内顺行的必要条件。

3.2.7 炉衬设计要求:

1 应按照砌体散热和各层交界面的计算温度、材料价格、施工费用 and 实际使用效果,合理选用炉衬材料。高温段炉体寿命应达到5年以上。

2 工业炉的炉衬是由工作层和保温层组成的。轧钢加热炉只有采用复合炉衬才能达到现行国家标准《工业炉窑保温技术通则》GB/T 16618 的要求。

3 耐火可塑料或浇注料砌体内锚固砖间距,是经过实践验证的常用值,可根据炉顶厚度和炉墙高度,在此范围内选用。

4 耐火可塑料或浇注料砌筑的倾斜炉顶部位,会产生向下的横向推力,对相邻砌体产生挤压或使膨胀缝失效,当推力较大时,在斜顶部设置耐热托板可以预防炉顶挤压造成损坏。下加热高度大的直墙设置耐热托板可以防止炉墙倾斜倒塌。

5 实践证明,加热钢坯的侧出料加热炉用电熔砖或烧结砖代替水冷出钢槽是成功的。但对于钢锭,由于荷重大、熔渣多,出钢前有的要求翻钢,故采用水冷出钢槽。

6 根据现行国家标准《通用耐火砖形状尺寸》GB/T 2992,直形耐火砖砖号 T-3 的尺寸为 230mm×114mm×65mm,等效于《耐火砖-尺寸-第一部分-直形砖》ISO 5019—1 标准。根据现行国家标准《烧结普通砖》GB 5101,烧结普通砖(即红砖)的尺寸为 240mm×115mm×53mm。考虑适当的砖缝后作出统一的砌砖尺寸规定。砌筑耐火黏土砖时,为保证要求的砖缝,可通过搭配其他砖号来解决。

3.3 热轧板坯加热炉

3.3.2 按规范中公式 3.3.2 推算,B 厂 2050 热连轧板坯加热炉

的利用系数是：

$$4200000t/a/[(6000h/a \times 350t/h \times 3)] = 0.667$$

同时预留的4[#]炉1997年业已建成。

W厂1700热连轧板坯加热炉的利用系数是：

$$3186000t/a/[(6000h/a \times 270t/h \times 3)] = 0.656$$

或 $3186000t/a/[(6500h/a \times 270t/h \times 3)] = 0.605$ 。

工程设计中必须因地制宜，并与轧钢工艺的设计人员充分协商后再确定各参数。加热炉的额定产量比客观需要量高出太多，将使燃烧设备长期在非最佳工况下使用，空气预热温度偏高，助燃风机及其电机以低效率运行，并不合理。反之，额定产量如偏低，加热炉投产不久就限制了轧机能力的进一步提高，也不合理。

3.3.3 步进梁式加热炉结构要求：

1 从装料端砌砖线到出钢侧定位检测点的距离为加热炉的有效长度。本规范表3.2.3中步进梁式炉加热厚度大于130mm方坯时，炉底强度为500~650kg/(m²·h)。通常方坯间存在着较大空隙，以炉长覆盖率为0.67计，单位炉底压钢面积产量达750~1050kg/(m²·h)。此时坯料宽度对产量的影响不大。加热板坯时空隙一般为50mm，受热面积相对减少，坯料宽度对产量的影响加大。按前式求出有效炉长后必要时再加上一块板坯的宽度，以保证待出炉的整块板坯都加热到出钢温度。600~650kg/(m²·h)的炉底强度适用于加热普碳钢和低合金钢，中合金钢要乘以0.9，高合金钢乘以0.77，不锈钢乘以2/3的系数。

3 相邻步进梁和固定梁的中心距有400mm和500mm的特例，板坯对纵梁中心线的悬臂长度有100mm的特例。

板坯的最大悬臂长度和纵梁最大中心距与板坯厚度、加热温度、高温下停留时间、冷板坯的原始形状有关。条文中推荐的系数4.2和6.3是根据弹性变形的悬臂梁计算式和简支梁计算式，参照板坯在实际生产中的下垂量确定的，还需要在实践中不断地探索其变形规律，以免投产后影响正常生产。也可参照已长期正常

生产的实例来确定这两个参数。

5 纵梁垫块。例如：A 厂的厚板步进梁式加热炉，预热段垫块采用焊接，其余为骑卡件。预热段和加热段垫块高 70mm，均热段步进梁上高 150mm，均热段固定梁上高 120~160mm。B 厂的热轧步进梁式炉，预热段和第一加热段垫块高 90mm，第二加热段垫块高 120mm，均热段步进梁上高 120mm，均热段固定梁上高 170mm。C 厂的热轧步进梁式加热炉，将高度 120mm 的钴基金垫块改成高度 200mm 的陶瓷垫块，垫块顶面温度比以前提高 80℃，水管黑印温度差大致降低一半，使用一年后变形量仅 3mm。

3.3.4 加热炉有三种供热方式(端烧嘴端部供热、平焰烧嘴的炉顶供热、侧烧嘴的侧向供热)，根据板坯规格、加热炉产量和加热质量要求，选用单一的供热方式或若干种的组合。

3.3.5 步进梁式加热炉的节能要求：

3 以热值 $7.55 \sim 8.40 \text{ MJ/m}^3$ 的混合煤气为例，一种只预热空气，预热温度 $600 \sim 650^\circ\text{C}$ ，另一种同时预热空气和煤气，预热温度分别为 $450 \sim 500^\circ\text{C}$ 和 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ 。前者可能要用四行程管状预热器，空气阻力较大，高温区管组材质要好。同时，预热温度超过 500°C ，空气管道、烧嘴要采用内绝热，调节阀等热工仪表也需用耐热材料。双预热对高温区管组材质的要求可低些，但要考虑煤气预热器的露点腐蚀。因此取舍和确定介质预热温度时必须做方案比较。

4 从强度计算出发，载荷相同时随着立柱间距的增大，步进梁的表面积逐步增加，每列立柱的全部表面积逐步减少。过去立柱间距采用 1.7~2.2m 较多，现在常用 3.0~4.0m，主要是在冷却面积增加不大的前提下增加炉下的操作空间，改善操作环境。以步进梁总长度为 30.56m；立柱高度 4.00m；步进梁的计算载荷为 47.50 kN/m 为例，步进梁允许应力定为 130 N/mm^2 ；立柱的允许应力定为 100 N/mm^2 ；步进梁的刚度 1000 : 1。根据上述条件作强度计算，选取最接近的钢管规格，立柱数量未圆整为整数，也

未考虑套管结构时,立柱间距与步进梁的表面积关系见表 1 和图 1。

表 1 立柱间距与步进梁的表面积关系

立柱间距(m)	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
单根钢管制成的立柱根数	18.46	16.28	13.22	11.19	9.73	8.64	7.79
双根钢管步进梁的表面积(m^2)	13.44	13.44	15.94	17.09	20.74	21.89	28.03
每列立柱的全部表面积(m^2)	22.04	19.44	16.95	14.34	13.21	12.38	11.85
步进梁和立柱的全部表面积(m^2)	35.48	32.88	32.89	31.43	33.95	34.27	39.88
双根等径钢管步进梁重量(kg)	1461.56	1461.56	1876.07	2331.28	2664.40	3264.31	3300.49
每列立柱的全部重量(kg)	1642.80	1670.20	1475.38	1557.07	1586.82	1800.06	1909.11
步进梁和立柱的全部重量(kg)	3104.36	3131.76	3351.45	3888.35	4251.22	5064.37	5209.60

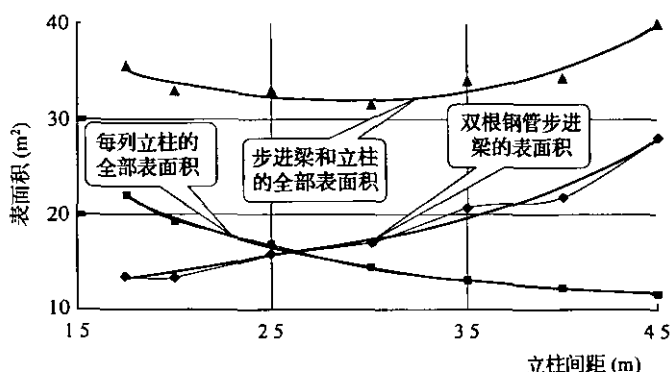


图 1 立柱间距与步进梁的表面积关系

5 此系统由比例阀以及带压力传感器的变量泵组成,并在进

退回路中设置若干蓄能器,与配套的行程检测与控制装置一起,保证在步进梁升、降、进、退及步进梁接近板坯(提升阶段)和板坯接近固定梁(下降阶段)前自动减速和低速运行,实现“慢起慢停”、“轻托轻放”以减少氧化铁皮脱落和避免由于撞击而使纵梁的绝热层遭受破坏。可降低装机容量,节约电能,也可降低加热炉的燃料消耗。

3.4 不锈钢和硅钢板坯加热炉

3.4.1 不锈钢和硅钢板坯加热时,要求加热温度更加均匀(包括板坯厚度和长度方向);加热时间较长(有固溶化要求),硅钢加热时氧化烧损量大(可达4%)。

由于板坯厚度和长度方向加热温度均匀性要求严格,所以上部加热多采用炉顶平焰烧嘴和轴向烧嘴。因加热时氧化烧损量大和加热时间较长,要求炉底具备一定的积渣空间,便于清除积渣。因此,炉子下加热一般采用侧供热。

加热炉的宽度取决于坯料的长度,加热炉的长度取决于加热炉产量。

3.4.2 不锈钢和硅钢加热炉(特别是后者),要求能同时加热普碳钢,没有单纯加热硅钢的加热炉。在加热硅钢之前,要先加热普碳钢调控炉况和轧线设备,使其满足生产硅钢的要求。加热能力要综合普碳钢和硅钢产量的要求来确定,一般首先确定炉子的普碳钢生产能力,然后,根据加热时间的不同确定炉子的硅钢生产能力。

设计的加热炉座数应能满足产品大纲中多数产品的生产能力。预留的炉子(一般为一座)主要满足最大产量和停炉检修时不影响生产的要求。

3.4.3 燃料选择要满足坯料的加热温度及其对炉温均匀性和炉温波动性的要求。加热高温取向硅钢时,由于加热温度高达1340~1420℃(炉温超过1430℃),要求炉温均匀性好和炉温波动性小,

因此,不宜采用蓄热式燃烧供热,一般采用传统烧嘴供热;在空气预热 550℃的情况下,燃料的低发热量要求大于 10000kJ/m³。

3.4.4 由于不锈钢和硅钢的板坯加热温度较高(尤其是硅钢),为防止加热过程中形变过大,加热炉炉底纵梁的布置应满足在短时间待轧的情况下,板坯在高温下挠曲变形不大于 30mm,据此来确定板坯的悬臂量和纵梁间距。出钢机托杆的根数也要增加。

3.4.5 炉底步进机械有滚轮斜台面、电动偏心轮和滚轮曲柄连杆等三种结构形式,这三种形式的步进机械在不锈钢和硅钢加热炉上都可以使用。炉底步进机械必须具备停中位和踏步的功能。

3.4.6 不锈钢和硅钢加热炉(特别是后者),由于其加热温度要求高,炉衬砌筑材料要求具备高品质和高质量,并要求具有良好的抗液态渣侵蚀的能力(尤其是采用液态出渣时)。

炉衬砌筑中要把握保温材料的选用和施工,以减少炉壁的热量损失和改善炉区的操作环境。

3.4.7 按照炉型和加热工艺要求,不锈钢和硅钢加热炉(特别是后者)的炉温和燃烧控制系统应该是最完备的。有条件的加热炉应尽可能实现计算机数学模型控制,以改善加热炉的各项技术经济指标。

3.4.8 高温取向硅钢加热炉,由于炉温高达 1400℃,且板坯在炉时间长,钢料氧化烧损量高达 4%,为一般加热炉氧化烧损量的 4~6 倍。掉落炉底的渣呈熔化或半熔化状态。高温取向硅钢加热炉的除渣,分为干出渣和液态除渣两种方式。

1 干出渣:炉子陆续生产硅钢达 4500~6000t 后,停炉 33 个工作日,进行人工清渣。

2 液态除渣:加热炉设置化渣烧嘴、流渣孔和粒化渣及水冲渣系统。呈熔化或半熔化状态的炉渣,通过化渣烧嘴加热熔化,从炉子预留的出渣孔流出,经粒化成小颗粒,掉入水槽中,由水冲渣系统排出。

液态除渣可排出炉子产生的 40%~60%渣量,加热炉陆续生

产硅钢达到 12000~15000t 后才停炉清渣。

不锈钢和硅钢加热炉的除渣方式直接影响炉子的产量和操作条件。硅钢加热炉应尽量采用液态出渣方式,以提高炉子利用率。

3.5 薄板坯连铸连轧加热炉

3.5.1 薄板坯连铸连轧加热炉工艺及结构要求:

1 目前薄板坯连铸连轧技术有德国西马克(SMS)的 CSP、德马克(DEMAG)的 ISP、日本住友的 QSP、意大利达涅利(DANILD)的 FTSC 和奥钢联(VAI)的 CONROLL 共 5 种类型。其中 QSP 和 CONROLL 工艺生产线配置步进梁式加热炉,其余工艺生产线均配有辊底式加热炉。

由于加热的连铸坯厚度薄、长度长、入炉温度高和加热时间短的这些特点,同时加热炉又需要很好地与连铸机和轧机的生产节奏相匹配,因此,薄板坯连铸连轧加热炉的炉型宜选用直通辊底式加热炉。

2 薄板坯连铸连轧工艺要求加热炉不仅具有加热板坯的功能,而且还必须具备缓冲板坯的功能。当轧机更换轧辊或事故停轧时,连铸机不能停止浇注,此时后续连铸坯连续进入炉子,直至炉子被连铸坯全部装满,因此,炉子设计应具有足够长的缓冲段。当加热炉不能接纳铸坯时,连铸坯由摆剪在炉外碎断并移走。

3 在所有的原始条件不变的情况下,加热炉长度越长,其缓冲时间越长,轧机换辊或处理故障时间越宽裕。可是,加热炉长度越长,其设备和厂房长度增加,投资增大。通常热连轧机更换轧辊的时间为 8~10min。因此,加热炉长度设计应按照缓冲时间不小于 10min 设计。

4 为了不损坏炉辊,炉辊需要作正反转运动。

5 连铸坯在炉内传输过程中,需要精确计算在炉内的缓冲时间。因此,需要对炉内的板坯实行跟踪。

6 连铸坯由加热炉上游的摆剪切成定尺长度后,以铸速连续进入加热炉。首先进入加热段,当连铸坯的尾部完全通过加热段后(此时连铸坯的温度和温差要求达到了轧机所要求的数值,板坯加热好了),板坯开始加速,并以传输速度向前运行进入保温段。当轧机要求连铸坯轧制时,板坯以第一架轧机咬入速度离开炉子去轧制。

7 加热炉的产量受连铸机生产影响,加热炉的小时产量等于连铸机的小时产量。随着连铸坯的规格和铸速不同,加热炉的小时产量是变化的。

8 炉体钢结构按照模块设计,模块长度为5~12m。钢结构的热膨胀是结构设计的重要问题之一,钢结构采用多个模块装配的形式,每个模块中部设一固定点,向两端自由膨胀,并在每个模块内解决本模块膨胀补偿。相邻两个模块之间,在侧墙和底部有密封钢板(密封钢板一端与一个模块炉壳钢结构相焊接,另一端与另一个模块炉壳钢结构相搭接)。在顶部有一段固定的炉顶钢结构(过桥)。

9 对于炉膛高度不大的炉子,可移动炉顶结构可以代替检修人孔,同时在事故时可以处理炉内的板坯。

10 根据薄板坯连铸连轧工艺的特点,要求加热炉内衬耐火材料应具有隔热性能好、蓄热量低、允许温度快速变化的特性。炉顶和上部炉墙耐火材料内衬采用陶瓷纤维模块轻型结构,陶瓷纤维模块厚度小于300mm。

3.5.2 薄板坯连铸连轧加热炉的供热系统要求:

1 由于薄板坯连铸连轧加热炉的长度太长,加热炉的供热系统通常分2~3个子系统,每个供热子系统都相当于一个单独的小炉子,它有自己的燃烧和排烟系统。燃烧系统主要包括空煤气管道、阀门、助燃风机、预热器和燃烧设备。排烟系统主要包括烟道、烟气掺冷风装置、烟道闸板和烟囱。

2 由于连铸板坯厚度比较薄,入炉温度比较高,因此在供热

上只配备上加热,即在连铸板坯上部的两侧炉墙上配置侧烧嘴。这样做的优点是:简化了加热炉结构和燃烧系统,降低了炉辊受到的辐射热强度,相对延长了炉辊的寿命。

3 薄板坯连铸连轧加热炉选用的亚高速烧嘴,在烧嘴腔体内有一部分燃料与助燃空气预先混合并产生燃烧,烧嘴喷口处混合气体的喷出速度高,高速喷出的燃烧产物能有效地搅动炉气,这种搅动不仅使炉膛温度更均匀,而且使炉气与板坯之间换热效率更高。

烧嘴通常是由壳体、陶瓷烧嘴芯和燃气枪三个独立部分组成。烧嘴前燃气压力为 $3\sim 4\text{kPa}$,空气压力为 $3\sim 4\text{kPa}$ 。

由于薄板坯连铸连轧的加热炉比较长,为了得到均匀的炉温并使板坯得到快速而均匀的加热,所有的烧嘴均应采用脉冲循环燃烧控制(ON/OFF 控制),每个烧嘴前均配置有空、煤气电磁阀、切断阀、火焰监测装置和点火电极。

4 由于入炉板坯的温度比较高,排烟温度约 1000°C 。因此,这种类型的加热炉热效率比较低,但是由于入炉连铸坯的热焓非常高,所以与相同产量的其他类型的加热炉相比,薄板坯连铸连轧加热炉的单耗还是比较低的。根据不同的铸速、不同的板坯厚度和宽度,加热炉的单位热耗范围在 $300\sim 1200\text{kJ/kg}$ 。表 2 以厚度 52mm 板坯为例,在出炉温度 1150°C 的情况下,给出不同的铸速、不同宽度板坯所对应的单耗值范围。

表 2 厚度 52mm 不同宽度板坯对应的额定单耗

铸速 m/min	板坯入 口温度 $^{\circ}\text{C}$	不同宽度(mm)板坯对应的单耗值(kJ/kg)							
		850mm	1000mm	1100mm	1200mm	1300mm	1400mm	1500mm	1600mm
4	890	1054~1200	940~1130	881~1058	832~998	790~947	754~904	723~866	696~833
5	950	854~1004	761~892	714~834	674~786	640~745	611~711	586~680	564~654
6	995	711~828	633~735	593~687	559~646	531~613	507~584	486~558	467~536
7	1030	602~687	535~608	500~566	471~532	447~503	426~478	407~457	390~438

5 薄板坯连铸连轧工艺要求板坯的加热在加热段完成,其他各段只是起均热保温作用。因此,在热负荷的配置上加热段约占总供热量的 50%。

3.5.3 炉辊设计要求:

1 炉辊在实际生产中可能遇到的情况主要有下面几种:

——热震稳定性。在正常生产中,更换炉辊是不可避免的,在几秒钟内炉辊从室温迅速上升到炉膛温度,材料在短时间内温度发生迅速变化。

——变形的板坯对炉辊的刚蹭。由于浇注或切割的原因,板坯的尾部有时会发生严重变形,结果炉辊在接受坯料和输送坯料的过程中都会受到坯料的刚蹭和冲击。

——高温工作区。烧嘴附近的炉温肯定高于其他区域的炉温,靠近烧嘴附近的炉辊工作环境温度高,炉辊材质的理化指标要能够承受此高温。

为了确保最终成品的质量,炉辊设计应尽量减少对板坯表面损伤,即减少结渣和黑印。为了避免发生结瘤,设计中多采用水冷炉辊。为了减轻黑印现象,相邻炉辊的辊环应交错布置。

2 炉辊的耐火绝热材料在工作中容易损坏,经常需要将耐火绝热材料破损的炉辊从炉内取出来,送到炉辊维修间进行修补。炉辊更换方式可以是人工操作 C 型钩换辊,也可以采用换辊小车换辊。

3 从加热炉入口到加热段尾部的区间内,炉辊转动速度与铸速同步,即 $2.5 \sim 8.0 \text{ m/min}$;从加热段尾部到传输段尾部的区间内,炉辊转动速度为传输速度 ($60 \sim 65 \text{ m/min}$);在炉子出口处,炉辊转动速度为第一架轧机咬入速度 ($18 \sim 30 \text{ m/min}$)。板坯在炉内缓冲时,炉辊正反转动的速度为 $4.0 \sim 6.0 \text{ m/min}$ 。

3.5.4 炉用主要机械设备规定:

1 在加热炉入口和出口处各设一套装、出料炉门,也有的加热炉不设装料炉门,在加热炉的端墙上留一装料口。炉子入口 3 m

之内为不供热段,此段内不设烧嘴。在摆渡段与固定段接口处各设中间炉门,中间炉门只有在两流加热炉摆渡操作时关闭。所有的炉门通过 PLC 来实现自动控制。

2 炉膛的下部设漏斗形状的渣斗,便于炉内氧化铁皮漏出,每个渣斗出口备有一套气动控制渣门,渣门间距为 2.2~2.6m。加热炉采用定期排渣,工人通过手动操作按钮,来控制渣门启闭。渣门控制按钮位于渣廊墙壁上的控制盒内,PLC 监视每个渣门的启闭,并在计算机画面上显示出来。打开渣门后,炉内氧化铁皮落到废料箱中,叉车将废料箱收集到一个固定的地方,定期运出厂房外。

3 炉辊外包扎的耐火绝热材料在生产一段时间后出现有剥落、裂纹、破损,需要在炉辊修理间重新修理之后才能继续工作。首先要将破损的耐火材料用工具清理干净,然后通过喷涂或浇筑的方法将新的耐火材料缠裹在炉辊上,由于炉辊耐火绝热材料不同,修理后的炉辊有的需要烘干后才能使用,有的则不需要干燥,阴干后直接使用。如果修补后的炉辊需要干燥,那么必须在炉辊修理间内设一座干燥炉。

干燥炉用的燃料与加热炉相同,为了使炉温均匀,干燥炉通常配有废气循环风机,干燥温度为 200~250℃。

3.5.5 炉子采用两级计算机自动控制。一级控制包括热工仪表控制和机械设备的传动控制,二级计算机为炉子最佳化控制系统。

—— 热工仪表控制系统的功能

- 炉温自动控制和 ON/OFF 控制;
- 燃烧的空煤气比例控制;
- 炉压自动调节;
- 助燃空气压力控制;
- 预热器保护控制。

—— 机械设备传动控制系统的功能

- 炉辊速度的控制；
- 炉内板坯位置的跟踪；
- 装出料炉门的控制；
- 炉内板坯横向跑偏的监视及报警；
- 助燃风机、掺冷风机及渣门启停控制；
- 摆渡段摆渡控制。

—— 二级计算机的控制功能

- 板坯加热的最佳化控制；
- 为热工控制系统提供各炉温控制区的炉温设定值；
- 为机械设备传动控制系统提供板坯在炉内加速点的设定值；
- 炉内板坯温度的历史趋势。

3.5.6 平面布置要求：

1 薄板坯连铸连轧加热炉数量是根据其生产规模配置的，年产量约 100 万吨生产线配置一座加热炉，年产量约 200 万吨生产线配置两座加热炉。

2 加热炉入口总是对着连铸机的出口，在一座加热炉的情况下，加热炉的出口对着轧机的入口。在两座加热炉的情况下，只有一座加热炉出口对着轧机的入口，另一座加热炉就需把板坯输送到出口对着轧机的加热炉内。根据输送板坯的方式不同又分为横移摆渡和旋转摆渡。

这两种摆渡方式各有利弊：横移摆渡式炉内烟气直接排放到车间内，摆渡段的烟气余热无法回收，燃料和各种介质通过专门设计的托链供给，但是摆渡车铺轨比较简单，板坯传送只有一个方向，跟踪比较容易。旋转摆渡式烟气通过烟道和烟囱排放到车间外，该段烟气的余热经空气预热器回收，燃料和各种介质供给简单，但是摆渡车铺弧形轨，板坯跟踪比较复杂。从车间平面布置来看，横移摆渡必须要增加厂房两侧用于摆渡车停放位置的偏跨建筑物，而旋转摆渡则不需要。

3.6 无缝钢管机组加热炉

3.6.1 无缝钢管机组加热炉一般规定：

1 当空气预热温度 500°C 时,使用发热量 $6700\text{kJ}/\text{m}^3$ 的高焦混合煤气仍可达到炉温要求。但考虑到煤气热量的波动、在加热炉低负荷时达不到规定的空气预热温度等因素,因此煤气发热量仍定为 $7500\text{kJ}/\text{m}^3$ 。

2 很少采用小于 $\phi 60\text{mm}$ 的轧管机,如采用,属于特殊需要,钢种也会很特殊。因此,炉型也就不会限制在环形炉。

3.6.2 环形炉的装出料机夹钳出入炉内动作时,炉底不能转动。反之,炉底转动时,装、出料机夹钳不能入炉动作。

水封刀上可以设置刮渣板。

3.6.4 钢管再加热步进炉加热的钢管一般长 $20\sim 30\text{m}$,步进炉的装出料周期必须满足轧机作业线要求。

3.6.9 芯棒预热炉采用高温炉烟气作热源时,在烟气管路和控制上都比较麻烦,芯棒预热炉所需热量又不太大。因此,企业往往不愿意用高温炉烟气作热源。但为了节约能源仍作此规定。

3.7 炉用冷却部件

3.7.1 炉用冷却部件的设计要求：

1 炉内水冷部件的表面积大小,对加热炉热效率有很大影响。全架空推钢式炉和步进梁式加热炉,当炉内水管(水梁)不绝热时,冷却水带走的热量占总供热量的 $25\%\sim 30\%$ 。因此,应少用或不用炉内水冷部件。小型钢坯加热,可采用步进底式炉、无水冷滑轨推钢式炉等。需要采用水冷构件时,除出钢槽、炉内悬臂辊等设备之外,都应该采取相应的绝热措施。

2 除推钢式加热炉炉底管或步进梁式加热炉纵梁、立柱之外,加热炉各类冷却部件应独立地成为单一冷却管路,例如炉门、横梁、导板、烟道闸门等,从进水总管或分管上独立引出进水支管,

同时相应引出回水支管,能方便进行水量调节、操作、检修和拆卸。

3 排水管有一处高于冷却件,在一旦停水时,使充满构件内的余水继续起到冷却作用,为采取紧急措施提供时间(步进炉情况特殊,本条文不适用)。

4 当采用开路冷却水时,在排水管上设置阀门有可能引起误操作,形成密闭系统发生爆炸事故(步进炉情况特殊,本条文不适用)。

5 由于安装误差、活动结构抖动等方面的原因,规定步进梁式加热炉活动梁或其上的附件与固定结构之间安全距离不小于50mm。

6 在水冷却部件的最低点设置放水孔,以便定期排除水冷却部件内的污垢,以及必要时可以放净存水,防止冬季停炉后水管冻结。

7 在水压、水温和操作条件允许的情况下,同类冷却部件水冷系统采用串联,可以提高冷却效果和减少水中杂质的沉积。

8 加热炉开路水水压要求为0.2~0.3MPa。闭路循环水因压力回水要求,为0.3~0.4MPa,过高的压力会造成压头浪费和系统漏水事故增加。

9 步进梁式加热炉水梁冷却用工业净循环水的水质要求:

- 1) 悬浮物含量 $\leq 15\text{mg/L}$
- 2) pH值 7~8.5
- 3) 总硬度 $\leq 150\text{mg/L}$ (以碳酸钙计,1dH=17.85mg/L)
- 4) 油 $\leq 5\text{mg/L}$

进水温度过高会增加冷却水量,排水温度过高则会引起结污堵塞。

10 步进梁式加热炉纵梁和立柱采用双层绝热,比单层绝热约可减少热损失1/2~2/3,国内外已经成功应用双层绝热。

目前,国内推钢式加热炉炉底管有的采用绝热预制块焊接结构,使用寿命不长。改用与步进梁式加热炉类似的浇注或捣制的

双层绝热结构,取得了很好的效果。

3.7.2 推钢式加热炉炉底管设计要求:

1 推钢炉炉底纵水管强度按简支梁计算,计算方法比较简单,安全系数较大。如按照连续梁计算,能够比较接近纵水管的实际受力情况,但计算方法比较复杂,如用手工计算则费时费力,难于进行优化选择。因此,应该用计算机进行优化设计计算,条文中减少炉底管的具体措施,可以根据工程情况选择。

2 炉内水管总表面积是指架空炉底管未包扎前的外表面积,包括纵水管、横水管和支柱。如果采用组合结构,为简化计算起见,不考虑水管连接板、滑块和锚固件的面积,只计算水管和支柱表面积,包括为连接板所遮蔽的水管面积在内。

3 正常情况下炉底管的温度都不超过 250°C ,在此温度下材料的强度不会下降。按静不定梁计算水管挠度,在确保挠度小于等于 $1/500$ 时,强度往往很低。

3.7.3 步进梁式加热炉纵梁布置要求:

1 本规范中的纵梁指步进梁式加热炉水冷或汽化冷却的活动梁和固定梁,减少纵梁和立柱的表面积是减少冷却介质热损失的根本措施,同时扩大了下部供热区的燃烧空间,减少了管材和隔热材料的自重,减轻了步进框架和步进机械的负荷,降低了投资。

2 错位垫块或移位梁设计是为了降低钢坯黑印。

3 坯料长度变化较大的情况下,对入炉坯料在梁上的定位误差提出较高的要求。

为完成炉内坯料定位,先对入炉的坯料长度进行测长,对于超长或超短的坯料剔除,同时对入炉坯料的弯曲度也必须加以限制,在完成上述工作之后,才可以进行坯料的入炉操作。

3.7.4 中压锅炉出口压力有 3.9MPa 。根据现行国家标准《低中压锅炉用无缝钢管》GB 3087 的规定,汽化冷却系统蒸汽压力不大于 2.5MPa 的加热炉,纵梁和立柱可选用 20 号优质碳素结构钢厚壁无缝钢管制作。

3.7.5 金属垫块形状主要有长条形和圆柱形两类。圆柱形金属垫块直接焊在纵梁上。长条形金属垫块有的直接焊在纵梁上,有的则骑卡在纵梁上,用焊在纵梁上的耐热钢爪将垫块卡住。

垫块在纵梁上的布置方式有两种,一种是布置在纵梁中心线上,一种是交错布置。

当坯料出炉时,垫块顶面温度接近出钢温度,并受步进梁抬起和放下钢坯的冲击,对垫块材质的高温性能有一定的要求:高温区垫块应能长时期承受 $1200\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 的高温,而且高温耐压强度高、耐冲击、耐磨损、抗氧化和氧化铁皮侵蚀,金相组织长期稳定等。

计算垫块的承压面积时,高度 $120\sim 150\text{mm}$ 的金属垫块,压力按 $1.0\sim 1.5\text{MPa}$ 、陶瓷垫块压力按 2.0MPa 计算,加热不锈钢坯料时压力不宜超过 0.6MPa ,以免在坯料上留下不易消除的凹痕。

3.8 自动化控制

3.8.1 热工测量和自动控制项目与水平,应根据炉型特点、产量、燃料种类、节能效果、环保和安全操作条件,结合轧线装备水平综合考虑,选择经济实用、互相协调的电气、仪表、计算机系统。

加热炉自动化系统可分成两级:

L1级:基础自动化,即电气传动和仪控系统自动化,主要完成加热炉板坯定位控制、装钢机和出钢机控制、步进梁控制等顺序控制,以及加热炉燃烧控制、各种能源介质的测量和控制等。

L2级:过程自动化,即加热炉计算机与连铸和轧线上位计算机联网,有完善的钢坯加热计算和优化操作数学模型,主要完成钢坯跟踪、燃烧设定值计算和优化加热操作,以及冷、热装作业的处理和数据处理,实现在线全自动化操作。

4 轧钢热处理炉

4.1 一般规定

4.1.1 阐述本章规定的适用范围。

4.1.2 热工检测和自动控制系统是热处理炉的重要组成部分,直接关系到产品质量和能源介质的消耗。

4.1.3 燃烧装置主要是根据炉内气氛要求而选择的。

4.1.4 热处理炉上采用陶瓷纤维制品及各种轻质耐火材料作为炉衬材料,这类材料兼有耐火和隔热性能,具有热导率低、比热容小、热稳定性好等优点,能显著加快炉子升温速度和提高炉温均匀性,节能效果也非常明显。

4.2 冷轧宽带钢热处理作业线

4.2.1 罩式退火炉设计基本规定:

1 分批热处理罩式退火炉有单垛和多垛之分,本规范仅适用于单垛分批热处理罩式退火炉的设计。罩式炉从装料、加热、保温、冷却到出炉,完成一个热处理工艺过程,周而复始,不同于其他工业炉。

紧卷退火是目前冷轧带钢热处理采用比较普遍的一种退火方式,松卷退火目前很少采用,不在本规范之内。

根据不同的炉子、钢种、带宽、装炉量制定不同的退火工艺;同一钢种带钢退火,装炉量相同,宽度越宽退火时间越长;同一钢种,宽度相同,装炉量不同,装炉量越大的退火时间越长。

2 钢卷尺寸:带宽不小于 600mm,钢卷外径大于等于 1000mm 是目前国内大中型冷轧厂普遍采用的宽带钢规格,小于以上规格不属于宽带钢范围。要求钢卷塔形小于 5.0mm,主要防

止在退火过程中产生压伤痕与粘连。

3 燃料品种选用主要考虑罩式炉的燃烧空间较小,气体燃料火焰对内罩的使用寿命影响小一些,煤气热值不低于 6700kJ/m^3 (1600kcal/m^3)即可。热值高的天然气或液化石油气,应该选用火焰较长的烧嘴。液体燃料主要是轻柴油,由于火焰高温区很集中不利于内罩的使用,因此尽量避免使用。硫化氢(H_2S)含量不大于 15mg/m^3 ,减轻硫对内罩的腐蚀。

4 国内大中型冷轧厂早期建设的罩式炉多采用氮氢混合气,小型冷轧厂罩式炉多采用氨分解气氛。随着技术的发展,新建罩式炉宜采用全氢气气氛技术,已建老厂也可改造成全氢罩式退火炉。

可控气氛的露点、含氧量和纯度要求,都是保证生产合格产品和生产安全所必须的条件。

为了保证罩式炉设备的安全与生产,全氢、高氢炉必须备有足够量的事故氮储量,在事故状态下将炉内氢气全部排放;氮氢炉在可控气体停止供给后,在不加热状态下,配备 30min 事故氮的供应储量。

5 安全供水条件:进口压力不小于 0.4MPa ,出口压力不小于 0.2MPa ;进口温度不大于 35°C ,出口温度不大于 50°C 。pH 值 7~8。

6 确定炉台数量时按理想条件下的退火制度进行计算,即不同规格、不同品种的钢卷、不同的退火制度不能混装。

台罩比根据退火制度中占用炉台时间,与占用加热罩时间之比确定,炉台数量、加热罩数量取整数。

7 罩式退火炉燃料单耗,不同退火级别带钢均有差别,表 3 是以 $1250\text{mm}\times 0.8\text{mm}$ 带钢为例的罩式退火炉额定单耗参考值。

表 3 带钢罩式退火炉额定单耗参考值

级别代号	退火温度 ($^\circ\text{C}$)	额定单耗 (MJ/t)
CQ	710/620	600~700
DQ	710/650	610~730
DDQ	710/680	650~750

4.2.2 炉台、加热罩、内罩、冷却罩等设备的数量是根据产量计算确定的；同一车间内一般选用同一种规格罩式退火炉，对于大型冷轧厂由于钢卷规格不同，有时也选用两种规格的罩式炉。

4.2.3 炉台设计要求：

- 1 底部导流板也可由耐热钢板焊接制成。
- 2 炉台与内罩采用耐热橡胶圈密封，橡胶密封圈装在炉台密封槽内，橡胶圈高出炉台平面 5~8mm。
- 3 内罩与炉台间采用的压紧装置带有自锁功能，视炉台大小压紧装置有 6~8 个，在炉台周围均匀布置。
- 4 循环风机叶轮由耐热钢制成，配套电机为气密三相异步、双速或变频电机，运行必须安全可靠。风机流量视退火炉大小而异，可参考经验数据：即风机秒流量为内罩实际容积的 1.0~1.5 倍。
- 5 加热罩、冷却罩、内罩与炉台具有良好的互换性，采用同一个专用安装模具，速度快、准确性高。
- 6 加热罩支撑座必须坐落在支撑梁上，保证支撑座的顶面标高一致。
- 7 两根导向柱高差主要考虑吊车司机吊装时操作方便，高差取决于罩式炉的高度。所有炉台较高的导向柱都在同一相对位置。
- 8 炉台壳体内填充的陶瓷纤维耐火等级 1260℃。
- 9 试验炉台应配备检测设施和仪表。

4.2.4 加热罩设计要求：

1 加热罩下部假想圆是加热罩内径和内罩外径间的平均直径所构成的圆，烧嘴中心线按假想圆切线方向布置。加热罩下排烧嘴必须设有点火装置和火焰监测装置。

选择烧嘴特性时火焰长度尤为主要，罩式炉由于燃烧空间有限，长火焰更有利一些。

助燃风机压力 6~10kPa，风量根据烧嘴型式和退火炉大小而

定。预热器布置在加热罩上,可集中布置或分散布置,空气预热温度 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。

2 加热罩内衬在使用气体燃料时,烧嘴周围采用轻质高铝砖或成型纤维模块,烧嘴以上部位宜采用层铺式陶瓷纤维毡,Cr-Ni钢锚固钉固定。

采用集中排烟时,烟管可布置在地下,排烟机和烟囱布置在柱列间或厂房外;可控气氛采用专用排气风机和排气管。采用全氢($100\%\text{H}_2$)的罩式炉,在加热罩上有的设置一个燃烧由内罩排出的废氢(H_2)烧嘴。

3 现代化罩式炉加热罩上的煤气接管、排烟管采用自动对接,在炉台上的插座和加热罩、冷却罩上的接管应保证安装准确。

4 加热罩为钢板焊接的圆形结构,燃烧设备、供风系统、排烟系统、换热器、控制系统设备及管线、耐火隔热材料、顶部吊挂横梁钢结构等都固定在加热罩钢结构上。

5 应进行技术经济比较择优选用供热能源。

4.2.5 内罩设计要求:

1 内罩筒体材质推荐为 $1\text{Cr}20\text{Ni}4\text{Si}2$ 或 $1\text{Cr}25\text{Ni}20\text{Si}2$ 。

2 内罩的使用寿命和维修周期基本与炉台一致,不需要备用。

3 如采用波纹内罩宜采用横向波纹。

4 筒体采用相同规格 6.0mm 钢板或上部 5.0mm 和下部 6.0mm 两种规格钢板制造;半圆球顶采用 6.0mm 或 8.0mm 钢板制造;球顶材料推荐为 $1\text{Cr}25\text{Ni}20\text{Si}2$ 或 $1\text{Cr}20\text{Ni}4\text{Si}2$;内罩法兰盘、水冷槽材质采用 Q235B。

5 内罩的钢板焊缝必须坡口焊接。

6 内罩底部应设有防止法兰受损措施,底面设有垫片或支脚。

7 内罩与加热罩之间的密封采用沙封或陶瓷纤维制品密封。

8 筒体和封顶焊缝须 $100\%\text{X}$ 射线检查,达到现行国家标准

《金属融化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323—Ⅱ级要求。

4.2.6 冷却罩设计要求:

1 为了保证冷却风机的正常工作,冷却罩风机宜采用电源自动联接,冷却罩就位后风机自动启动。冷却罩数量应根据钢卷退火周期中冷却时间占总退火时间的比例来确定,也可根据经验数据(0.45~0.46)倍炉台数选定,取整数。

2 冷却罩筒体采用材质 Q235B 或 1Cr18Ni9;采用水喷淋技术时必须采用 1Cr18Ni9 或相当材质制作冷却罩。

3 冷却风机宜采用 1~3 台。水喷淋冷却的喷淋系统水管采用快速接头,喷淋管均采用耐热钢材质。

4.2.7 制造对流板的导流片材料在同一板材下料,保证表面平整,满足制造公差要求;不使用的对流板一定要放平储存,避免变形。

4.2.8 自动控制检测系统要求:

1 自动检测控制的内容有:

燃气供应系统:燃气压力检测、指示、低压报警,燃气流量指示、记录和累计。

燃烧系统:空气/燃气比例控制和 ON/OFF 控制,空气或燃气低压切断系统,每个烧嘴点火及火焰监视、点火失败报警与控制。

温度控制系统对炉台底部温度或炉内气氛温度和加热罩温度的自动检测,实现退火过程的温度闭环控制;在开发新产品退火工艺时,应增加钢卷垛各部位温度检测点。

罩式退火炉应设置炉内温度分布测量的试验炉台。

炉内气氛控制系统:氮气和氢气流量、压力、调压控制设施、炉内密封检测、氧浓度检测。

液压控制系统:液压压力、温度、故障报警与控制。

冷却水供排系统:流量、压力检测、记录、低压报警。

炉内压力控制系统。

烟气、可控气氛排放系统控制。

2 每个炉台的退火工艺过程控制,热工检测数据由计算机控制,有条件的工厂罩式炉生产组织调度由过程计算机统一管理。

3 安全设施包括:燃气或空气低压报警并切断;炉内压力异常,事故氮使用;供电事故、冷却水事故报警;紧急状态安全设施自动投入;烧嘴点火失败、燃烧失败报警;各种风机等设备运行监控。

4.2.9 最终冷却台宜地下布置,通过在车间内的地下供风通道从车间外吸入冷风,对出炉钢卷进行最终冷却;如地面上设置,风机安装在钢结构支架上,风机从车间内吸入冷风。

冷却台数量根据气候条件不同,厂房通风条件好坏,都会影响钢卷冷却速度,冷却台数量一般可按炉台数的 0.5~0.6 倍设置。

每两层钢卷之间必须放一块中间对流板;中间对流板按冷却台数量的三倍配置。

4.2.10 立式连续退火机组适合大型现代化冷轧厂,具有产量大、自动化水平高、产品质量好、生产成本低等特点。为了消除冷轧宽带钢的加工硬化应力,软化组织,满足用户的机械性能和物理指标的要求,带钢应在控制气氛中进行退火处理。

1 连续退火炉有卧式与立式之分,大型冷轧厂一般都采用立式连续退火炉。

2 条文中所含钢种已包括目前国内在连续退火机组中能够生产的所有品种。

3 带钢规格中厚度和宽度范围,基本包括了国内现有和在建连续退火机组的产品范围。钢卷规格内径,主要是考虑多数冷轧卷取机的通用卷筒规格而确定,外径一般可以不限,但最大卷重不大于 45t。

4 热处理制度根据工艺要求进行,退火炉温度制度调整、冷却速率应满足退火工艺要求。

5 退火炉正常工作温度为 920℃,报警温度为 930℃,若 15min 之内温度不降,将自动切断系统;紧急报警温度为 950℃,立即切断系统。

6 连续退火炉处理不同级别带钢单位燃料消耗变化较大,表 4 提供了一些不同品种带钢热处理燃料消耗指标,供参考。

表 4 不同品种带钢热处理燃料消耗指标

级别代号	处理温度(℃)	额定单耗(MJ/t)
CQ	760	740~870
DQ	830	950~1230
DQ	800	800~950
DDQ	820	910~1100
EDDQ	840	1000~1250
DP-590	820	950~1200
TRIP-590	820	950~1200

4.2.11 根据我国目前情况,普通冷轧带钢在退火炉内最高速度暂定 450m/min,国外有些机组高于这个速度。

在加热段、均热段和时效段的可控气氛为 5% 的氢,在快冷段为满足冷却速率的要求,可以采用更高氢含量的控制气氛(最高可达 75% 的 H_2)。

快冷段与时效段之间有时设有二次加热段,这时快冷后的带钢温度要低于时效段的开始温度;然后由感应加热装置再加热到时效开始温度。

4.2.12 进口密封装置密封效果的好坏关系到产品质量、可控气氛消耗指标、设备安全等重要问题,因此进口密封要特别关注。密封箱外面采用 50mm 纤维毡保温,表面采用 0.5mm 镀锌板保护,纤维毡用 $\phi 5.0$ mm 锚固钉固定;密封辊转动速度与带钢同步,避免划伤带钢表面,辊径 200~250mm,材质为 Ni-Cr 钢;穿带时密封辊由两个气缸打开;密封辊的轴承与密封箱壳体间采用机械密封和氮气密封;可以单辊开启或双辊开启,每根密封辊配置两个气缸;保持进口密封室入口压力大于 70Pa,氮气耗量视炉子大小而异;停炉时氮气管道阀门自动打开。

4.2.13 预热段可控气体由循环风机抽出后经过预热器,由加热段和均热段辐射管排出的烟气预热;可控气体经过喷箱喷嘴喷向带钢,尽量提高带钢的预热温度。

4.2.14 加热段和均热段采用辐射管加热,两段辐射管的结构型式是相同的,规格不一定相同,因为不同材质、不同的使用温度辐射管的表面功率各不相同,确定辐射管的供热能力时必须根据选用材质和使用温度进行选取。均热段也可以采用电阻带加热。

1 在炉段内的带钢长度(行程数)取决于生产大纲中产量、规格、处理温度、加热能力、通板速度等因素。

2 加热段和均热段为两个独立炉室(很少连在一起),分别为独立的温度控制段。采用燃气辐射管供热时,设计应符合下列要求:

1)“抽一鼓”型辐射管外形多采用 W、U、P 形,辐射管内保持负压。辐射管采用离心铸造管体、模铸弯头焊接制成,辐射管外径 200~220mm,端头设有支撑和吊挂点,支撑点为滑动支撑,吊挂点为绞接,必须允许管体自由膨胀,辐射管壁厚 7~8mm;

2)辐射管燃气烧嘴直接燃烧,空燃比比比例控制,或 ON/OFF 控制。燃烧废气由排烟机抽出到集气箱,有利于稳定辐射管内的压力,保持稳定燃烧;燃烧废气中 NO_x 排放浓度和排放速率应符合现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB 20426 的要求;

3)电火花点火和火焰监测,除了监视火焰正常工作功能之外,还应具有点火失败控制功能,即三次点火失败自动关闭系统;

4)温度控制段的划分:沿带钢行程分段控制温度,一个行程为一个控制段,这样做温度控制比较准确,如果加热段几个行程为一个控制段,共分成 12~14 个控制段,均热段分成两个控制段也是可行的;

5)在加热段的前几个顶辊下面和底辊上面设有耐热钢板和陶瓷纤维制品组成的防辐射板,防止高温对炉辊的影响;

6)盖板和穿带孔由陶瓷纤维和耐热钢板构成,与炉壳间采用

陶瓷纤维和硅橡胶双层密封。

4.2.15 缓冷段设计要求:

1 若干个喷吹冷却装置布置在带钢两侧,将经过热交换器冷却的可控气氛均匀喷吹入炉,可把带钢冷却到 $650\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。冷却速率根据产品工艺要求确定。

2 喷嘴形式与结构应有利于组织气体喷吹方向及带钢冷却,喷嘴与带钢间距 $120\sim 180\text{mm}$ 。

3 热交换器由铝翅片耐热钢管制成。

4 循环风机工作温度 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$,压力 $2.5\sim 3.0\text{ kPa}$,流量应与热交换器和喷冷装置需要的冷却能力相匹配,冷却水的出口温度应根据当地供水水质条件而异,最高不得高于 50°C 。

5 在缓冷段炉室和顶辊、底辊室考虑带钢低速运行及炉子启动时的需要,应设有可调控电阻带或电辐射管加热。

4.2.16 带钢缓冷之后经底辊室进入快冷段,带钢在快冷段根据不同产品的工艺要求,以 $30\sim 120^{\circ}\text{C/s}$ 冷却速率冷却到 $250\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。

1 对于生产个别品种,为了达到高的冷却速率有时采用氢含量 50%以上可控气氛,但应注意使用的技术条件和安全措施。

2 每组喷箱沿带钢宽度分成 5 个风道向喷嘴供风,由挡板分别调节各风道的风量,达到沿带宽均匀冷却的目的。

喷嘴最高喷吹速度可达 $110\sim 120\text{m/s}$,喷嘴与带钢间距为 $50\sim 200\text{mm}$,由变速齿轮马达和螺旋千斤顶调节;为了保护喷嘴在断带时不被损坏,应设有喷嘴防护设施。

3 快冷段的进、出口设有密封装置,防止高氢气体向前后炉段扩散。

6 在快冷段的带钢进口、出口和两对喷箱之间设有稳定辊,辊径 300mm 、材质 $0\text{Cr}25\text{Ni}20$ 。稳定辊与带钢压紧量为 $30\sim 50\text{mm}$,以防带钢抖动。

4.2.17 时效段设计要求:

带钢快冷之后根据工艺要求在时效段经过时间为 120~200s,炉内带钢长度大约有 900~1000m,30~40 行程,分成 1 号时效段和 2 号时效段,结构相同,便于炉体结构设计。

喷吹冷却管由表面设有喷口的耐热钢管制成,布置在带钢两侧,循环风机将炉内控制气氛抽出经冷却器冷却后喷冷带钢。电辐射管单管加热功率一般为 25~32kW。总供热能力(两个炉室)根据炉室大小和产量确定。

顶部和底部设有活动盖板,便于检修和穿带,盖板采用耐热钢板和陶瓷纤维制成,盖板与炉壳间采用陶瓷纤维和硅橡胶双层密封。根据时效段出口热电偶或扫描温度计测得带钢温度,调整炉段内供热和冷却能力。

4.2.18 最终冷却段设计要求:

1 带钢从时效温度经过 8~10 个行程冷却到 150℃。

2 每个控制段各自形成独立的循环体系,可控气氛冷却器数量与冷却控制段数量一致。

可控气氛温度:进口 90~130℃,出口 50~80℃。

冷却水进口温度:根据供水条件而异;出口温度最高 50℃。

4.2.19 出口密封装置的密封辊直径 $\phi 250\text{mm}$ 、Ni-Cr 钢制成,齿轮马达单独传动与带钢同步,密封室通入氮气保持正压,压力大于 70Pa。

第一对密封辊密封炉子出口,阻止炉内气体外溢,第二对密封辊防止水淬蒸汽进入炉内,在两对密封辊之间通道内设有排气风机和管道;密封辊由气缸开关,最大开口度为 100mm。

4.2.20 水喷淋装置由多组喷管组成,布置在带钢进水淬箱前和出水淬箱后的带钢两侧。

水淬箱由耐热钢板焊接制成,喷淋和水淬箱采用脱盐水、水淬箱的水位不高过沉没辊中心线。水泵 4 台(两用两备,分别供上行带钢喷淋和下行带钢喷淋)。

热交换器形式:板式换热器,耐热钢制成,脱盐水、冷却水热交换器,热交换能力根据带钢小时产量、温降数值计算确定。

在喷淋装置的顶部设有水雾排出系统,将水雾排到厂房外。

沉没辊由耐热钢制成,表面设有沟槽,辊径 1300~1700mm。

4.2.21 挤干辊由碳钢制成,表面衬胶,辊径 250mm,齿轮马达单独传动,每个挤干辊由两个气缸开关。

烘干装置由 8~10 对 V 形喷管布置在水淬后带钢两侧,喷管上装有喷嘴,将经过加热的空气喷向带钢。

4.2.22 炉内带钢张力在不同炉段是不同的,温度高的炉段单位张力低,温度低的单位张力高,根据炉温状况分段调节。

1 炉辊表面进行喷涂处理,提高耐磨性。

2 带钢张力测量装置设在辐射管加热段、均热段、1[#] 缓冷段、快冷段、1[#] 时效段、2[#] 时效段和 2[#] 最终冷却段;在辐射管加热段和均热段、缓冷段顶辊室的炉辊轴承采用水冷。轴承采用中心润滑站自动润滑或其他润滑方式。

3 纠偏辊调整炉内带钢中心保持与作业线中心一致(CPC)控制,关键部位采用两辊纠偏。

4 炉辊材质根据工作温度不同而异,表 5 为带钢传输系统各段炉辊推荐材质。

表 5 带钢传输系统各段炉辊推荐材质

位置	辊面材质	辊颈材质	辊面涂层种类
进口密封	0Cr18Ni9	Q255-B	LC1C, CrC1, LC106
预热段	0Cr18Ni9	35 [#]	LC106
	0Cr25Ni20	0Cr18Ni9	
加热段	0Cr25Ni20	0Cr18Ni9	LC056, LC017
缓冷段	0Cr25Ni20	0Cr18Ni9	LC056, LC017
快冷段	0Cr25Ni20	0Cr18Ni9	LC106
时效段-出口密封	0Cr18Ni9	Q255-B	LC-1C LC106
水淬沉没辊	0Cr18Ni9	0Cr18Ni9	镀 Cr
挤干辊	Q235-B	Q235-B	橡胶

稳定辊材质与所在炉段转向辊材质相同。

5 炉辊辊径是根据产品品种、规格、所在炉段及功能要求确定的。

4.2.23 炉壳、耐火材料及各种附件坐落在钢结构平台上,在各炉室之间设有波纹膨胀补偿器,炉辊由钢结构支撑,与炉壳之间采用软连接。

为操作和维修的方便设有电梯 1 台,载重量 600~800kg。

4.2.24 炉子热工控制系统的各炉段、各种介质及各种工艺控制参数由计算机管理。

4.2.26 允许最长停水时间与炉温的关系见表 6。

表 6 允许最长停水时间与炉温的关系

炉温范围(℃)	300	301~500	501~700	701~800	>800
允许最长停水时间(min)	15	10	7	5	4

4.3 硅钢带卧式退火炉

4.3.1 炉型及热源选择要求。

1 硅钢带脱碳退火大部分在卧式炉中进行,只有少部分不需脱碳的低牌号无取向硅钢带在立式连续退火炉中进行退火。对于取向硅钢高温退火,一般在罩式高温退火炉中进行。它的缺点是产量低,占地面积大,作业分散等。为了克服罩式高温退火炉的缺点,将装有钢卷的炉台放在可移动的台车上,发展成为燃气加热的环形炉和电加热的隧道窑,大大减少占地面积,提高处理质量。

2 关于热源选择,硅钢是在可控气氛中进行热处理的(酸洗机组常化退火热处理除外),高温状态下不能用火焰直接加热,需用煤气辐射管间接加热、电阻辐射加热或电感应加热。尽量采用燃气辐射管间接加热,降低加热成本。带钢低温预热时,可以用无氧化明火快速加热,但是,一定要用热量稳定的煤气,例如天然气、焦炉煤气等。

4.3.2 制作辐射管的耐热钢中含有较多的镍元素,易被硫元素侵

蚀,如果煤气中的硫化氢含量高,会降低辐射管使用寿命。冬季气温低,萘易结成固体,堵塞仪表,因此,要限制煤气中的萘含量,尤其在北方地区。

4.3.3 带无氧化加热段的硅钢带退火炉,无氧化加热段为贫氧燃烧明火加热,空气系数一般为 0.90~0.95,如果燃气发热量不稳定,那么,燃气发热量变化时,单位燃气需要空气量变化,引起空气与燃气比例失调,酿成带钢氧化或燃气浪费等弊端。因此,应使用发热量稳定的燃气。

4.3.4 长火焰烧嘴的火焰温度逐渐降低,所以辐射管前半段选用较高级耐热材料制作,辐射管后半段选用较低级耐热材料制作,火焰轴向温度差一般控制为 50~100℃。对于炉内含氢可控气氛的炉子,辐射管内应为负压,一旦辐射管破损,烟气不会溢出辐射管,污染炉内气氛。

4.3.5 轻型炉衬热惰性小,变换钢种时,退火炉升降温速度快。对于处理钢带表面质量要求高的退火炉,在陶瓷纤维毡表面需覆盖一层厚度为 0.5~1.0mm 的不锈钢板。炉温高于 1000℃ 的直火焰(明火)无氧化炉,炉衬宜采用轻质高铝砖或陶瓷纤维折叠块等。

4.3.6 全辐射管或电阻带加热的退火炉,进口密封一般设置双挡板和密封辊,在双挡板和密封辊之间用喷嘴吹氮气,形成高压舱,使进口密封室炉压稳定,还能防止炉气外溢,阻止环境空气进入炉内。前置无氧化加热段的退火炉,进口密封一般不设双挡板,只用喷嘴吹氮气和进口密封辊加以密封。

4.3.7 由于出口处易引起爆炸,为了安全和保持出口密封室的炉压,要求出口密封装置具有多重机械密封和氮气密封,出口密封辊的辊缝设计成可调节的方式。

4.3.8 在均热段和冷却段之间设置炉喉,作为带钢冷却降温的起始点。炉喉将前后炉段分成两个温度区,减少相互间的辐射干扰。炉喉不供热,也不设冷却装置。

4.3.9 在确保安全、有效传输钢带的前提下,炉辊越少越好,可以

减少投资,对钢带表面损伤也小。炉辊间距主要取决于允许的穿带棒的长度,炉辊间距应不大于穿带棒的 0.4 倍。

4.3.10 冷却段采用循环喷吹气体冷却装置,这是一种很好的冷却方式,钢带冷却温度均匀,冷却速度调节手段灵活,能够达到高的冷却速度,但是投资大,运行费用高。采用水套冷却装置,钢带冷却温度均匀性差,边部冷却速度快,易产生边浪,使钢板不平整。炉管冷却(管内是负压空气),冷却速度低,一般用于处理板温较高的冷却段。低温钢带由于钢带与冷却气体之间温差小,冷却速度慢,需要冷却设备多,所以,钢带运行速度高的退火炉在低温区可以合理采用水淬冷却装置。水淬冷却装置的冷却速度快,运行费用低。

4.3.11 氮气贮罐的大小与炉膛容积和炉内可控气氛中氢气含量两个因素有关。在事故状态下,将氮气通入炉膛内,吹扫炉内含氢可控气氛,降低可控气氛中氢气含量,一般将氢气含量不大于 1% 视为安全浓度。

4.3.12 炉底辊颈与炉体之间一般用较严密的机械密封,可以防止炉内外气氛相互窜动,在炉压要求较严格的冷却段,应采用机械密封和氮气密封的复合密封。装有循环风机的冷却段炉室,炉压波动大,当炉压大时,炉内气氛外溢,增大可控气氛消耗量;当炉压小时,车间内空气易被吸入炉内,造成钢带氧化,甚至引起退火炉爆炸。所以,循环风机轴颈必须同时具有机械密封和氮气密封。否则存在安全隐患。

4.3.13 出口密封室视炉子宽度大小,设置 1~3 个辉光加热器,将可能吸入室内的氧气与氢气点燃,避免吸入的空气进入炉内深处。辉光加热器表面温度必须高于该处气氛的点火温度。出口密封室的泄压装置要有足够大的泄压面积,一般在炉顶设活动盖板,盖板下面用沙子、陶瓷纤维等密封。

4.3.14 冷却段炉内温度低于该处气氛的点火温度,一旦侵入空气,易引起爆炸,因此,必需设置泄压装置,作为防爆措施。必要时

设置辉光加热器,更加安全。泄压装置的泄压面积根据炉容大小决定。

4.3.15 可控气氛排出炉外的处理方法:全辐射管加热或电加热退火炉,炉内气氛由炉尾向炉头流动(与钢带逆向),在进口密封室炉子顶部用导管将气氛引出,并在导管上设置蝶阀,控制炉压。如果气氛中氢气含量较高,需要在放散阀出口处设置点火烧嘴,点燃氢气。为了降低放散气氛温度,延长蝶阀使用寿命,可以在蝶阀前安装水冷换热器。也可以让炉内气氛从进口密封辊缝排出并点燃。

多段式退火炉(TAL)在可控气氛排出口设置长明火将排出的 H_2 点燃。

对于设置无氧化预热段的退火炉,可控气氛中的 H_2 气由预热炉的补燃烧嘴燃烧掉。

4.4 不锈钢带热处理作业线

4.4.1 根据不锈钢带热处理的工艺要求、产品规格、生产规模、投资能力等因素合理选择炉型。

4.4.5 本条的计算式,来自《理论力学》教科书。例如同济大学理论力学教研组编写、高等教育出版社出版的教科书,§4-4 悬索。

f 值可使用 Excel 求解。将(4.4.5-1)式置于 B1 单元格, f 值置于 B2 单元格, T_0 值置于 B3 单元格, (4.4.5-2)式置于 B4 单元格, (4.4.5-3)式置于 B5 单元格。表 7 为垂度单变量求解示例。

表 7 垂度单变量求解

	A	B	C	D	E	F
1	L=	20 m		=2*B3/B6*ACOSH(B6*B2/B3+1)		
2	f=	1.164 m				
3	T_0 =	13630 N				
4	T=	13998 N		=B3+B6*B2		
5	S=	20.18 m		=2*B3/B6*(SINH(B6*B1/B3/2))		
6	q=	316 kN/m				

打开“工具”菜单的“单变量求解”命令，出现对话框。“目标单元格(E)”后面的框内键入 B1，在“目标值(V)”处单击鼠标，并输入 20，在“可变单元格(C)”处单击鼠标，选 B2 单元格，即希望 Excel 改变 B2 单元格内的数值，求出垂度应为多少跨度才是 20m。按“确定”键，出现“单变量求解状态”对话框，B2 单元格内数值 f 已成为 1.164m，跨度 L 正好是 20m。再按“确定”键，对计算结果予以肯定。这里将 T_0 值和 q 值都作为已知值。算出这一段钢带的长度 S 是 20.18m。

悬链线悬索按抛物线悬索计算，当比值 $f/L = 1:20$ 时，对 T_0 而言误差仅 0.3 %； $f/L = 1:10$ 时，误差为 1.3 %。

据 1954 年前苏联冶金出版社的《钢的高温强度》一书介绍，表 8 为高温下耐热钢的强度极限。

表 8 钢的高温强度 (kgf/mm²)

钢 号	800℃	900℃	1000℃	1100℃	1200℃	1300℃
1Cr13	3.6~6.3	2.7~4.9	3.7~2.7	2.2~1.9	1.2	—
Cr17	4.1	2.2	2.1	1.4	0.8	0.6
Cr28	2.6	1.9	1.1	0.8	0.8	—
1Cr18Ni9	12.2	6.9	3.9	3.1	1.6	—
1Cr18Ni9Ti	18.5~16.3	9.1~8.4	5.5~4.4	3.8~2.9	2.9~1.9	1.8

表 8 中 1kgf=9.8N。

可据此乘以安全系数，定出 T_0 值。为简化起见，按荷载 q (kN/m) 沿水平线均匀分布的抛物线悬索，则悬索的长度 S 可按下列公式计算：

$$T_0 = \frac{1}{8} \times \frac{qL^2}{f} \quad (1)$$

$$T = \sqrt{T_0^2 + \left(q \frac{L}{2}\right)^2} \quad (2)$$

$$S \approx L + \frac{8}{3} \frac{f}{L} = \frac{L}{2} \sqrt{1 + \left(\frac{4f}{L}\right)^2} + \frac{1}{2} \left(\frac{L}{2}\right)^2 \times \frac{1}{f} \times \ln \left[\frac{4f}{L} + \sqrt{1 + \left(\frac{4f}{L}\right)^2} \right] \quad (3)$$

4.4.6 为了缩短工件的冷却时间,往往采用喷吹冷却,关于对流给热系数的计算可参见有关“传热学”或“对流传热”的专门著作。

4.4.9 按带钢通过退火炉进行热处理的方向,不锈钢光亮立式退火炉分为上行式(带钢从下部经过加热段上行再进入冷却段)和下行式两类,或按有无马弗分为带马弗立式炉和无马弗立式炉两类。下行式立式退火炉是带钢经炉下转向辊上行进入清扫段,用可控气氛吹扫带钢表面残存的空气,再经炉顶转向辊下行经过加热段和冷却段。“下行式”的主要优点是带钢经可控气氛吹扫后有利于炉内气氛的成分稳定。进出口密封装置都在低温区域,便于密封结构的设计。缺点是处在高温部位的带钢受张力最大,炉高越大矛盾就越突出;经过炉顶转向辊的是未经退火的硬带钢,转向辊辊径较大。冷却段和出口密封装置很接近,一旦渗入空气就容易影响带钢光泽。“上行式”的优缺点是正好与此相反,冷却段位于加热段和出口侧导管之间,即使气密性出现问题炉压仍然很稳定,不会产生氧化。

4.4.10 带马弗光亮立式退火炉的热源选择,需根据所在地具体条件决定。

4.4.15 例如 18-8 型不锈钢在 $1100\sim 900^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内冷却速度为 $30\sim 60^{\circ}\text{C}/\text{s}$,可按带厚和带宽调整。

4.4.19 例如炉压控制、自动充氮系统、防火、超温保护等。

4.5 带钢连续镀锌、镀锡作业线热处理炉

4.5.1 通常带钢连续镀锌作业线热处理炉包括热轧带钢连续镀锌作业线热处理炉、冷轧带钢连续镀锌作业线热处理炉两部分。立式炉和卧式炉是目前带钢连续镀锌作业线普遍采用的炉型。

4.5.3 为了节能和环保,提倡采用热风、低氧化氮(NO_x)烧嘴。选用无氧化烧嘴时,采用发热量大于 $15000\text{ kJ}/\text{m}^3$ 的高热值燃料,空气过剩系数 $0.95\sim 0.98$,才能达到理论燃烧温度。

4.5.8 镀锡原(基)板钢类型见表 9。

表 9 镀锡原(基)板钢类型

原(基)板钢类型	特 性
MR	非金属夹杂物含量与 L 类钢相近,残余元素含量的限制没有 L 类钢严格,具有良好的耐蚀性,适用于大多数用途
L	非金属夹杂物以及 Cu、Ni、Cr、Mo 等残余元素含量低,用于对耐蚀性有较高要求的用途
D	用于深冲压或限制滑移线产生的用途

镀锡产品分类代号见表 10。表中调质度代号对应的硬度与 JIS G3303、DIN EN10203 和 ASTM A623M 的一致性程度为非等效。

表 10 镀锡产品分类代号

调质度代号	硬度(HR30Tm)	
	目标值	允许范围
T-1	49	49±3
T-2	53	53±3
T-2.5	55	55±3
T-3	57	57±3
T-3.5	59	59±3
T-4	61	61±3
T-5	65	65±3

4.5.9 由于产量大及带钢运行速度高的原因,立式炉是目前带钢连续镀锡作业线普遍采用的炉型。立式炉结构型式与本规范第 4.2 节冷轧宽带钢热处理作业线中的立式连续退火炉相同。

某机组带钢连续镀锡作业线热处理炉技术参数见表 11。

表 11 带钢连续镀锡作业线热处理炉技术参数

机组序号	处理能力 (t/a)	带钢速度 (m/min)	带钢厚度 (mm)	带钢宽度 (mm)	炉型
1	480000	max 880	0.15~0.40	max 1270	立式
2	429750	max 880	0.18~0.55	max 1230	立式

图 2 为某机组带钢连续镀锡立式炉加热曲线。

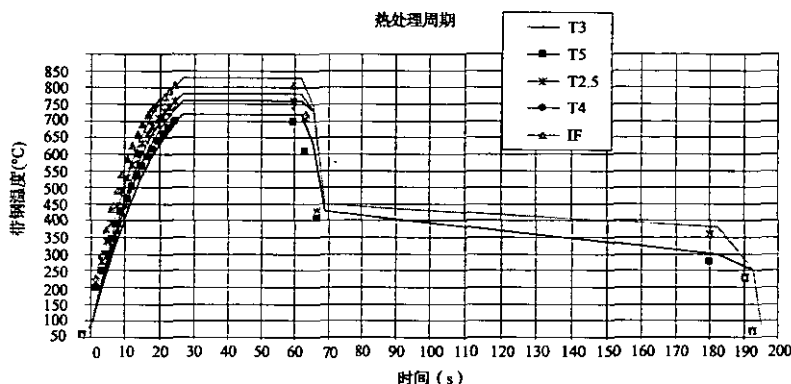


图 2 连续镀锡立式炉加热曲线

4.6 无缝钢管热处理炉

4.6.1 通常无缝钢管热处理线包括油井管、管线管、高压锅炉管、不锈钢管、管端加厚管等钢管热处理。条文中列出了无缝钢管热处理常用炉型。

4.6.2 本条只对一般热处理炉的控制水平要求作了规范，每座热处理炉的控制水平还应随工艺要求、装备水平及投资等因素综合考虑。

4.6.4 油井管热处理作业线热处理炉有淬火炉和回火炉。

淬火炉和回火炉引用的数据是国内先进钢厂的技术性能。

4.6.5 辊底式炉引用的数据依据国内先进钢厂的技术性能和国外类似公司的技术性能。

4.6.6 感应热处理炉的加热电源装置是关键设备，这部分属于电气范围，故未详细列入。

4.6.7 大口径、厚壁管车底式热处理炉的部分数据引自原机械工业部设计研究院主编的《工业炉设计手册》。

5 金属制品热处理炉

5.1 一般规定

5.1.1 金属制品用炉燃料选择的顺序是按用户条件进行排列的。

5.1.5 当大气温度 20°C 时,用 $150\sim 200\text{mm}$ 耐火纤维毡绝热可使炉墙外表面温度降到 75°C 以下。

5.2 马弗炉

5.2.1 带小孔马弗砖的炉型结构,由于传热慢,炉长一般小于 20m 。有带槽马弗炉和大孔马弗炉,这些马弗炉的长度有超过 25m 的。

5.2.3 表 5.2.3 中 $D \cdot V$ 值是钢丝行业对热处理炉热工特性的惯用参数,钢丝直径 D 单位为 mm ,钢丝运行速度 V 为 m/min 。

5.3 明火加热炉

5.3.3 钢丝氧化量指钢丝烧损量占原钢丝质量的百分数。这种计算氧化量的方法比较直观,但无可比性。以钢丝单位表面积的氧化量表述比较科学。

5.4 电直接加热炉

5.4.5 加热段长度与钢丝直径有关,钢丝越细,加热段越短。

5.5 铅淬火炉(铅锅)

5.5.2 沸水淬火的优点是取消了用铅,消除了铅对环境的污染。但沸水淬火的主要问题是钢丝质量欠稳定,推广使用有困难,只能用于半成品热处理。

5.5.3 铅冷却方式中还有水管冷却,水管冷却时水管的出水口不得有阀门,也没有排水管。完全靠水的汽化吸收热量,用控制通水量来控制水管的吸热。但水管内结垢严重,须1~3个月清洗一次。由于结垢状况无法判断,易产生危险,因此不推荐。

铅循环泵应按照铅循环量和循环压力选购。但目前提升泵较多,提升泵的流量小而压力大,铅循环的要求是流量大而压力低。例如有一个厂用提升泵代替循环泵,由于电动机超负荷,更换了很大的电动机仍不能满足要求。

5.5.6 防止铅锅表面铅蒸汽污染环境,迄今国内外尚无有效的办法。目前国内有采用覆盖剂的,由于使用期短(两个月左右)、价格贵,厂家多不愿接受。当前采用最多的办法还是遮盖铅锅表面。

6 工业炉燃料及燃烧设备

6.0.1 燃料选择要求:

1 气体燃料燃烧过程易于控制,燃烧设备简单,操作维修方便,又不会造成大的环境污染,是工业炉的理想燃料。

加热炉用混合煤气发热量的下限值,主要取决于各轧钢车间要求的开轧温度,以及空气和煤气预热温度,不同出钢温度要求的混合煤气的理论燃烧温度。当空气为常温和预热温度分别为200℃、400℃时,不同出钢温度要求的混合煤气发热量下限值见表12。表12中计算条件:空气系数为1.1,高温系数为0.75,入炉钢坯温度20℃。

表12 不同出钢温度要求的混合煤气发热量下限值

项目	出钢温度(℃)											
	1000			1100			1150			1200		
加热炉最高炉温(℃)	1100~1170			1200~1280			1250~1320			1300~1320		
要求的理论燃烧温度(℃)	1570			1710			1785			1860		
空气预热温度(℃)	常温	200	400	常温	200	400	常温	200	400	常温	200	400
要求煤气发热量的下限值(kJ/m ³)	5864	4558	4115	6189	5532	4934	6854	6130	5432	7724	6808	5988

混合煤气发热量的下限值,一般可按照助燃空气单一预热温度为200℃时,以能够保证各轧钢车间的最高出钢温度为条件进行计算。但考虑到操作调控的需要,煤气发热量的下限不宜低于6000kJ/m³。

当加热炉使用低热值混合煤气时,加热炉应设置工作可靠的空气和煤气预热器,并适当提高介质的预热温度,以保证生产操作稳妥可靠。

3 直接烧煤,包括人工加煤、机械加煤和烧粉煤,难以满足加热炉加热质量要求和环保标准,不应再采用。煤水浆技术正在试验中,尚未成熟。因此,轧钢加热炉都不应采用煤、粉煤或煤水浆作燃料。

6.0.2 燃料质量的要求:

1 气体燃料:

1)稳定的煤气发热量和接点压力,是保证工业炉仪表正常工作和实现空燃比比例调节的必要条件,一般应在煤气混合站设置热值仪和稳压装置,并将发热量和压力测量值接入加热炉计算机,特殊情况下也可在车间接点处设置热值仪和稳压装置。

2)煤气含尘量低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$,才可保证预热器、孔板、阀门等不致因经常堵塞而影响正常生产。

3)根据现行炼焦煤气回收工艺,净煤气、非精制煤气中的焦油含量可控制在 $10\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 范围内。

2 液体燃料:

1)含硫烟气会使被加热金属的烧损率增加,排入大气则造成环境污染。加热含镍钢时,对硫化物特别敏感,会引起加热质量事故,一般应按照钢中镍含量限制燃料中的含硫量;

3)根据国家现行标准《燃料油》SH/T 0356 规定,当需要低硫燃料油的情况下,可根据供需双方商定,供给黏度小的燃料油;

4)目前我国供应各轧钢加热炉的燃料油,几乎都是没有牌号的常压渣油或减压渣油,黏度高,含水量大,杂质多,油质极不稳定,给加热炉燃烧造成极大困难。提高渣油预热温度是目前改善渣油燃烧质量的有效办法;但过高的预热温度会造成燃油裂解析碳,从安全考虑,燃料油的预热温度应低于闪点 $7\sim 10^\circ\text{C}$ 。渣油混入轻油后的闪点,远远低于按两者混合比所求得温度,对此必须

注意。

6.0.3 烧嘴装备能力考虑到工业炉的最大产量、炉役后期燃料消耗增加,以及各供热段调节的需要,一般在额定热负荷的基础上加大到1.2~1.3倍。

本规范中的热负荷只计算燃料的化学热量。

6.0.4 蓄热燃烧技术作为节能与减少氧化氮(NO_x)排放的创新技术,已经在我国得到普遍应用,并取得了很大成效。但通过这几年的实践表明,这一技术在应用中有一定的限制条件,而且在炉型结构、燃烧系统和燃烧装置、换向设备、自动化控制精度,以及安全操作等方面还有一些问题,有待进一步完善。要采取措施可靠地控制炉膛压力和炉内气氛。

燃高炉煤气的加热炉采用蓄热燃烧技术,能够最充分发挥该技术的优点。因此,凡是有高炉煤气的企业,无论新建或改建加热炉,都应优先选用双蓄热燃烧技术。

6.0.5 燃油加热炉必须采用全热风喷嘴,并按照送入空气的温度和压力选定合适规格的喷嘴,保证余热回收装置能够收到实效。

目前国内尚有一些单位使用低压燃油喷嘴。由于喷嘴维护的需要,采用敞口式安装,喷嘴通过敞口吸入冷风,以及敞口处的散热损失,会使工业炉热效率降低。今后设计中,应该选用能够密闭安装又便于维护的燃油喷嘴。

7 工业炉烟气余热回收及其装置

7.1 一般规定

7.1.1 燃油或燃煤气的轧钢连续加热炉必须设置助燃空气预热器。在设置助燃空气预热器后如果烟温在 500°C 以上,可以考虑增设煤气预热器。但对于发热量高于 $8360\text{kJ}/\text{m}^3$ 的混合煤气,以及含有较多焦油或腐蚀性气体的煤气,不宜采用煤气预热器。

7.1.2 余热回收利用的目的在于降低工业炉燃料消耗,提高工业炉热效率,以及减少温室气体排放。条文中工业炉年运行时间、出炉烟气温度界限是根据现行国家标准《评价企业合理用热技术导则》GB/T 3486 的有关条文,将其具体化并适当提高要求而制定的。例如,配置辐射管的连续式热处理炉,辐射管都要装备空气预热器。

7.2 烟气余热回收装置

7.2.1 工业炉用预热器的选型主要取决于炉型和进入预热器时的烟气参数(烟气温度、烟量、烟气中灰尘和腐蚀性气体含量等),目前轧钢加热炉常用的空气或煤气预热器为钢管对流预热器。

钢管对流预热器有结构简单、布置紧凑、安装方便、热效率高和使用寿命长等优点,是目前轧钢加热炉常用的预热器。

7.2.2 工业炉用预热器的设计参数受多种因素影响,决定预热器的设计参数的主要因素有:

- 进入预热器的烟气温度和烟气流量;
- 预热器的型式、结构和材质;
- 燃料种类、成分、含尘量和燃烧器的性能;

——排烟方式和要求。

对于轧钢加热炉,由于目前排烟温度大多在 $650\sim 850^{\circ}\text{C}$,预热温度应控制在 650°C 之内,过高的预热温度则会造成预热器的传热面积过大、造价太高,甚至选材困难和使用寿命短。预热器的预热温度过低,则烟气余热回收不充分,也不合理。

在自然排烟时,加热炉预热器的排烟温度应控制在 $350\sim 450^{\circ}\text{C}$,排烟温度过高烟气余热回收不充分,过低则会造成烟囱高度太高不合理。在机械排烟时,预热器的排烟温度控制在 $200\sim 350^{\circ}\text{C}$,过高会造成掺冷风过多,过低会造成烟气结露,引起设备腐蚀。

7.2.3 如果预热器寿命不能保证 3 年以上,投资回收会有困难。如果材质选用过高,投资增大,回收期太长,也不经济。

采用下列措施可以提高钢管预热器的使用寿命:

1 预热器前列管因受外部辐射、不均匀膨胀和气流冲刷,是影响预热器寿命的关键部位。提高前列管的材质或表面渗铝处理,可延长预热器使用寿命。

2 烟温超过 700°C 、管长大于 1.5m 的列管预热器,以及其他有热应力膨胀变形的预热器,应有热膨胀补偿措施。

垂直放置的列管式预热器(管长不宜超过 3.5m)、大型或高温辐射式预热器均应采用上部支承、悬挂式安装结构,保证下部可自由膨胀。

3 热风温度超温报警和热风放散,是预热器设计时必要的一项保护措施,而且要求放散阀对放散量有一定的调节功能。当烟气温度高、烟温波动大时,也可以增设向烟气中掺冷风的保护措施。

4 增设保护管组。

8 安全卫生与环境保护

8.1 安全卫生

8.1.1、8.1.2 大、中型钢铁企业工业炉的燃料一般多为气体燃料或液体燃料,属于易燃易爆品,设计上必须严格遵守本规范及与防火、防爆有关的现行国家标准和行业标准。空煤气双蓄热燃烧的工业炉,设计双烟囱是为了将空、煤气的回路分开,防止混合爆炸。

8.1.3 根据《宝钢二期设计统一技术规定》,提出了气温出现 0°C 以下并持续一段时间的地区,应视生产需要对可能冻坏的工业管道设置防冻措施。

8.1.4 一氧化碳为二级高度危害毒物,在国家现行标准《热处理车间空气中有害物质的最高允许浓度》JB/T 5073 及现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 中,规定作业环境一氧化碳最高允许浓度为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。在现行国家标准《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ 2 中,规定一氧化碳短时间(不得超过 15min)接触容许浓度为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。氮气是窒息性气体。

8.1.6 接地电阻小于 10Ω 为安全电阻。

8.1.7 炉区作业场所噪声声级的卫生限值,是按现行国家标准《工业企业设计卫生标准》GBZ 1 表 5 工作地点噪声声级的卫生限值规定编写的,与 ISO 标准基本一致。

8.1.11 工业炉涉及“机械安全”和“人类工效学”方面的标准均为强制性标准。

8.1.12 供水安全等级分为三级,按等级要求委托给排水专业设计。

8.1.13 供电安全等级与电力专业一致,具体委托供电专业设计。表中两路电源应为分别从两个变电所引入的电源。

8.2 环境保护

8.2.1 国家在控制大气污染物排放方面,除现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB 20426 外,还有若干行业性排放标准共同存在,不宜交叉引用。本规范执行国家现行标准《工业炉窑大气污染物排放标准》GB 9087。如企业所在地有更严格的地方标准则应执行有关地方标准。

8.2.2 工业炉烟囱高度除满足抽力要求外,还应考虑对周围环境的影响,因此规定了烟囱的最低高度。