铜杆连铸连轧生产线 技术需求

航天电工集团有限公司

2025年2月25日

简述

一、需求及组成

主要用于生产直径为 8mm 的高品质电工用低氧铜杆。生产线由竖式熔化炉、保温炉、连铸机、辅机、连轧机、冷却还原收线装置、乳液润滑系统、齿轮油润滑系统、工艺冷却水系统、电控系统等组成。

二、生产工艺流程

炉子投料→熔化→上流槽→扒渣槽→保温炉→下流槽→连铸（铸坯）→前牵引→铸坯处理（滚剪、卸料装置、校直、去角、打毛）→夹送辊→粗轧→精轧→铜杆冷却、表面还原→涂蜡→连续绕杆→同心圆收线→成品。

三、原材料

阴极板（电解铜）。

四、主要技术参数

序号	技术规范	参数
1	浇铸截面积	~3800 mm ²
2	成品铜杆直径	Φ8mm
3	生产能力	17 t/h -18t/h
4	成圈重量	3t~5t
5	主要设备总重量	~250t
6	主要设备装机容量	1600KVA
7	最大终轧速度	~ 10 m/s
8	压缩空气量	10 m ³ /min 压力 0.5~0.7Mpa
9	冷却水量(软水)	400 m ³ /h
10	乳化液量	100 m ³ /h
11	润滑油量	18 m ³ /h 压力 0.1~0.3 Mpa
12	还原冷却液量	100 m ³ /h 压力 0.3~0.5 Mpa

第一部分 竖式熔化炉及倾动式保温炉

一、竖炉加料系统

用途：将电解铜或其它原料加入熔化炉内。

说明：熔化炉加料系统将电解铜或其它原料加入熔化炉内，加料机将原料从车间地面提升到熔化炉的进料口。

两台工业闭路电视摄像机一台安装在现场，另一台安装在铸机操作室，使熔化炉操作工和铸机操作人员及时看到炉内料面高度。

加料系统为合台独立的 PLC 控制，操作报警控制箱安装在加料机现场。

技术规范：

序号	项目	参数
1	最大负载	5 吨
2	循环时间	5 分钟
3	交流传动电机	22 千瓦
4	加料方式	翻斗式
5	送料提升机能力	3t

二、竖式熔化炉系统

用途：熔化阴极铜板或其它原料。

说明：竖炉应是圆形的竖式熔化炉，内衬应为氮化硅砖，在该砖与钢筒壳之间应采用耐火砖和隔热耐火材料。炉体应为钢结构，炉体上部应为加料口。

燃料：天然气或液化气体燃料，熔化速度在不小于 18t/h 的竖炉，设置两排燃气烧嘴。

该设计用于熔化混有一定百分比 1#铜废料、废线和线锭模的阴极铜。

操作：空炉加料时应将炉料人工码至防撞段下沿，以防止砸坏炉壁耐火材料，开炉时逐步开启所有烧嘴，直至炉温达到工艺要求。熔化开始，然后增加供热速率，炉料随着其支承料的底部受热、软化、熔化而下沉。料面应根据熔化率和每批料的数量，使其维持在加料口下约 0—0.5 米高的范围内。

熔化炉技术规范

序号	项目	参数
1	熔化炉型	竖式熔化炉
2	铜板熔化速度	≥17t/h
3	最小耐火材料厚度	382mm

4	最大熔化炉能力	18 吨/小时
5	天然气耗量（热值 8500 大卡）	~32m ³ /吨（正常生产）
6	喷嘴排数	A 排 7 只、B 排 5 只、
7	交流风机电机	110 千瓦
8	CO 分析仪	1 套
11	操作人员界面触摸屏	集成图像系统及 PLC 显示
12	火力（熔化率）控制	人机界面控制
13	热值	8500 大卡/NM3
14	流量	1000NM3/H
15	压力	0.05-0.06Mpa（0.5-0.6KG/cm ² ）
16	介质	NG 或 LPG
17	开始熔化时间（从冷态到开始熔化）	小于 2 小时
18	竖炉内衬	全部采用 SIN 氮化硅成型砖
19	上下流槽	闭合式整体流槽

三、保温炉系统

用途：控制进入铸机的铜液流量和保持其温度稳定，也向熔融铜液提供保护气氛，防止氧化。

说明：一台可旋转圆形保温炉，作为有限的熔融铜的储存容器~12 吨的保温炉，以均衡金属温度、熔化率和炉料的波动。。该炉应有钢制炉壳，内衬氮化硅砖、耐火砖和可浇注耐火材料。

保温炉规范：

序号	项目	参数
1	金属容量：	~12 吨
2	燃气耗量	~3m ³ /吨（正常生产）
3	烧嘴	2 只
4	交流风机	15 千瓦
5	保温炉型	液压倾动式
6	保温炉最大倾动角度	大于 70°
7	保温炉内衬	采用 SIN 氮化硅成型砖

四、流槽和流槽加热系统

用途：铜液通过衬有耐火材料的钢流槽从熔化炉送至保温炉，再经下流槽把铜液从保温炉送至浇包。

封闭的流槽由燃烧预混气烧嘴系统加热。流槽系统在熔化炉、保温炉之间，以及保温炉、铸机浇包之间。应带有顶盖的流槽可以节约燃气，降低噪声，延长耐火材料的使用寿命，以及避免铜液

不必要的氧化。流槽系统每个燃烧区实行独立空/燃比控制。扒渣槽可以提供更有效率的清渣效果。

流槽系统规范：

序号	项目	参数
1	燃气耗用	~14 m ³ /吨（正常生产）
2	交流风机电机	22 千瓦
3	上下流槽	封闭式整体流槽

五、浇包预热系统

用途：用来固化重砌内衬的浇包，也对备用浇包加热，以便在需要时换上。

说明：浇包预热系统用来烘干重砌内衬的浇包，也对备用浇包加热，以便在需要时换上。两只浇包可同时预热。需配置双位浇包预热燃烧系统、浇包耐火材料、制作耐材内膜、减压阀、燃烧系统等。

六、 电气传动控制说明

人机界面触摸屏（10.4”彩色）需以态网(RJ45)通讯方式与 PLC 进行双向的数据交换，通过 PLC 的程序控制实现对系统各分部的监测和控制。

熔铜炉风机通过变频调速装置控制, 在人机界面进行起动, 停止和风量大小调整及显示装置的状态。

该系统需实现自动吹扫，复位、开阀、正常停火、风力大小调节等功能、故障时程序自动按工艺流程停风停气等保护, 保证设备安全正常地实现运转。

第二部分 铜杆连铸连轧生产线

一、需求

采用连铸连轧生产的工艺方法，由浇铸截面约为 3800 mm² 的铜锭，生产出 Φ8mm 铜杆。原材料为电解铜。

二、设备需求

1、轮式浇铸机

组成：由铸机主体、结晶轮、压紧轮、涨紧轮、浇包装置、冷却装置、钢带烘干、剔锭器、引桥、涂碳装置、流量控制装置等组成。

序号	描述	技术规范
1	铸坯截面积	3800 mm ²
2	结晶轮直径	2100mm (CrZrCu)
3	浇铸机转速	~1.5r/min
4	铸锭输出速度	10m/min
5	浇铸温度	1120~1130° C
6	铸锭脱模温度	895~910° C
7	浇铸机驱动电机	5.5KW n=1450r/min
8	浇包倾动电机	1.5KW 1450r/min
9	浇包移动电机	0.75KW 1450r/min
10	循环冷却水(软水)	200M ³ /h
11	冷却水温度	<40° C
12	冷却水压力	0.5-0.8Mpa
13	冷却水分布	4面12路
14	冷却水控制	每一支管均采用电动蝶阀单独控制，压力及流量均在 PLC 上显示及可调

2、自动浇铸系统

用途：自动或手动控制结晶轮铜液浇铸液位，两者可分别或一起成像控制。停电时，自动停止铜液流入结晶轮。

需配备：

- (1) 可编程序控制器系统带编程软件。
- (2) 闭路电视摄像系统。
- (3) 视频传感器。
- (4) 自动测量执行组件。
- (5) 保温炉液位传感器单元，发送器和重量显示。
- (6) 压力传感器和电子线路。
- (7) 浇铸控制台上的触摸屏操作人机界面。

3、滚剪机

用途：在开车初期连续剪断铸坯直到其冶金性能符合轧制要求。

滚剪机主要用于开轧前和连轧生产线出现故障时且又不能停止浇铸时使用，剪切下的铜锭由梭锭机下来小推车接住供以后回炉使用。

滚剪机要稳定可靠，滚轮上分别装有刀片作滚动剪切，下刀片装有二片挡圈，可使剪下来的铜锭顺着挡圈进入梭锭机。滚剪上装有制动装置，使刀片停在一个固定位置上。

4、移动液压剪(电气为独立控制)

用途：在浇铸区域和沿铸坯传送线切断和清理铸坯，并帮助清除轧制废品。

卸料装置 1 台

校直刻痕剔角机 1 台

此设备主要用于锭坯的校直、刮削工作，采用整体式设计，完成锭坯在进入轧机前整形处理。校直部分采用五轮校直，上方 2 个压轮通过气缸驱动，下三轮固定安装，通过轴心对称错位的方式实现了校直功能；刮削装置安装有特殊材质的刮削刀片，满足高温下对铜锭棱边的剔除，该装置通过气缸可进行反转，满足生产维护的需要，最终实现将平整、干净的铜锭顺利输入连轧机。

5、铸坯预整机

用途：将铸坯准备好以进入轧制工序。

6、全两辊连轧机

6.1 粗轧机

将大截面锭坯用大直径轧辊、大压缩比轧制粗轧所需的锭坯面积，轧机采用独立传动，动力从各电动机输出。水平、垂直机架交替布置。轧机的每个机架采用电机、减速机单独传动，根据孔型的面积采用不同的速比，由电控系统作微量调整。

6.2 精轧机组

用途：将粗轧送过来的铜坯轧制成所需的8mm铜杆直径。

配备双齿轮座单独传动精轧机，带底板和机架单独传动装置（电机、减速机、轧机罩）。各机架通过减速箱由单独的交流电机传动。单独传动轧机机架使轧辊可以再次修磨，延长轧辊寿命。轧辊上应有多条轧槽，根据各道次轧槽宽度来决定轧槽槽数，以延长轧辊寿命。配备一台电动操作的液压拆卸的工具便于轧辊的安装和拆卸。

7、冷却还原液压收线装置

应由冷却还原吹干收线通道、操作平台、引桥、后牵引机构、收线成圈装置、托盘升降机（液叉式）、辊道式运输机、液压线圈压实机系统、收线操作台、自动包膜装置构成。

线圈直径 $\phi 1600\text{mm}$

线圈高度 $\sim 1200\text{mm}$

线圈重量 $3\sim 5\text{t}$

铜杆经连轧机出杆后通过快速还原、冷却、吹干、引桥、牵引、进入甩杆装置。为保证铜杆顺利导出，减少铜杆表面擦伤，收线方式为曲线盘绕，铜杆通过空间曲线管盘绕成圈，在带有防护装置的储线筒内实现收集，最终持续收集铜卷通过匀速下降的托盘将其收集成整齐的铜圈，自动计重装置会根据设定的铜杆重量，提示换盘作业，铜卷随托盘慢慢向下移动，贮线装置将关闭，剪断铜杆，盘卷下降后，进入辊道式运输机，经过液压压实机实现密实压，再通过辊道输送到打包工位实现自动打包作业。

序号	名称	技术参数	备注
1	进水阀、回水包、吹气包		1套
2	后引桥		1套

3	后牵引机及电机	5.5KW 1450r/min	1套
4	绕杆机构和电机	18.5KW 1450r/min	1套
5	接料机及液压系统	7.5KW 1450r/min	2台(1备1用)
6	运输辊道电机	1.5 KW	1台
7		7.5KW 1450r/min	1台
8	压实机及液压系统	7.5KW 1450r/min	1台
9	自动包膜装置	需厂家提供	1台

8、涂蜡装置

铜杆的表面，因为跟空气接触，一般在一周之后就会开始氧化，继而颜色由光亮色变得暗淡，为了有效延长铜杆表面的氧化时间，在铜杆表面吹干装置后，配置涂蜡装置，在铜杆表面均匀的涂覆一层液态的蜡。

9、辅助系统

9.1 轧机乳液润滑冷却系统 1套（粗、精轧共用）

乳液经过滤床流回乳液池，再经过离心泵、热交换器进入装在齿轮箱上的分水管，通过软管对各机架的轧辊、进出口导位进行润滑、冷却，最后乳液全部通过底座上的回流槽回到过滤床内。

9.2 轧机齿轮箱润滑系统 1套（粗、精轧共用）

油箱中的油通过油泵经过滤器到齿轮箱后的进油总管，分多路进入齿轮箱然后经过分叉油管的喷嘴，对齿轮和轴承进行喷溅润滑，回油从齿轮箱底部回油管回到油箱内。

9.3 收线冷却系统 1套

经离心泵打出的冷却液通过板式换热器进入进水总管，进水管分九段进水，每段进水都有压力显示，可以调节达到快速冷却、还原，使铜杆光亮，另外装有11个回水包，2个圆吹气包和13个导位，达到快速回水和吹干作用，通过回水管回到清洗液池内。

序号	项目	参数	数量
1	冷却液介质	建议使用专门的清洗液（主要成分异丙醇）	
2	冷却液温度	<35℃	
3	冷却液用量	100 m ³ /h	

4	冷却液压力	~0.5Mpa	
5	冷却泵	H=50m 2900r/min 120 m ³ /h 37KW	2 台（其中 1 台备用）
6	板式换热器	160 m ²	1 台

10、电气控制系统 1 套

10.1 主要系统电气配置：

10.1.1 电源要求：

- (1) 进线电源：三相 380V 50HZ 3 相
- (2) 总装机容量：1600KVA 为最佳

10.2 控制与信号采集

轧机交流传动和控制：

人机界面触摸屏(15"彩色)以 LAN 通讯方式与 PLC 进行双向的数据交换，通过 PLC 的程序控制实现对系统的监测和控制。PLC 以 PROFIBUS 通讯方式与各传动用变频调速装置等进行双向的数据交换，控制、监测各装置单元状态；通过 PLC 的模拟量端口采集各点的水温、铜液及铜锭温度、流量等数据进行显示和报警等，实现三级计算机控制系统。

单机运行时，浇铸机、夹送电机、夹送辊电机、滚剪机、1-10#轧机(1#-2#粗轧、3#-10#精轧)、后牵引、绕杆等的速度可通过人机界面或操作台的“速度升降”按钮(PLC 的程序电子电位器调节)单独调整。

联动运行时，全线速度以浇铸机的速度为基准，夹送电机、夹送辊电机、1-11#轧机等均自动跟踪浇铸机的速度，后牵引自动跟踪终轧机架的速度，滚剪机为定长联动速度控制方式。联动速度单元均设置有速度微调(PLC 的程序电子电位器调节。校准和补偿速度误差，

其速度控制精度 $\leq 0.25\%$)。即按 PLC 的程序“速度链”式进行全线速度同步控制。

浇铸装置和液压收杆装置单独设置人机界面，主控操作也设置人机界面。

液压收杆装置用于中 8 铜杆的收卷，联动时自动跟踪轧机速度，绕杆具有在中 800-中 1600mm 范围内自动变速收杆的功能。并具有在线实时显示重量，线速度显示和打印毛重、净重、时间等功能。还具有自动收线上下盘，装盘等功能。

系统可对：各单机的启动/停止操作、各单机的速度(单机/联动)、各调速装置的工作状态及故障报警、各辅机的工作状态及故障报警、系统工作等进行监视控制。另外具有各单机的电流(轧机)及转速及转矩显示，人机界面触摸屏还具有铸机、收杆操作台的同等操作功能，可用于备用。

增加工控机监控系统。带历史查询，动态分析，WEB 发布功能等。

三、技术资料

合同生效后, 卖方需提供以下技术资料:

- 1、设备外形图
- 2、设备布局图
- 3、设备基础图（含二层平台等设计图）
- 4、设备管路图（水路、气路、电路等）
- 5、溜槽、渣箱以及浇包的尺寸图
- 6、部分设备的装配图
- 7、电气原理图、接线图
- 8、竖炉操作说明、连铸连轧操作说明、电气操作说明等
- 9、生产介质技术要求表
- 10、产品合格证
- 11、常耗件清单
- 12、设备核心部件保养维护指导书

第三部分 辅助配套部分

一、配备产成品自动包膜设备，厂家按我方实际需求提供配套装置；

二、设备配备集成数字化控制中心，熔化、自动化浇注系统等关键部位实现在线监控；重点工艺参数（气体、液体、温度等）和能耗、材耗实现数据的采集、分析、可视。所有参数和影像可以信息化控制中心大屏显示；

三、配备冷却塔、泵、空压机等配套设备，并提供冷却水池、酒精池及乳化液池的设计尺寸，要求与产线相匹配；

四、设计并配备环保系统装置。

第四部分 验收标准及配套服务

- 1、保证工艺的情况下，连续生产 1000T 合格铜杆；
- 2、配套铜杆连铸连轧生产线，竖炉系统每小时提供 16-18 吨铜液，不发生因铜液流量过多或过少造成的停产现象；
- 3、铜杆氧含量合格率 $\geq 95\%$ (范围 150PPM--300PPM)；
可满足工艺要求：含氧量可连续稳定控制在 $250 \pm 25\text{ppm}$ 的范围；
- 4、拉丝性能：可连续流畅拉制不小于 0.15mm 的铜丝无断丝；
- 5、温度合格率 $\geq 95\%$ (范围 1120°C ---- 1145°C)；
可满足工艺要求：浇包内铜水温度连续稳定控制在 $1120-1130^{\circ}\text{C}$ 的范围。
- 6、需提供设备使用维护说明书，提供标准工艺操作规程；
- 7、整套设备质保两年（易损件除外）；
- 8、终生提供工艺完善、设备升级等相关咨询服务；
- 9、铜杆性能：符合国标要求 GB/T3952-2016 标准中 T1M20 牌号。