

中频感应触媒合金熔炼炉 冷却水回用系统设计^①

吴海清

(长沙矿冶研究院, 长沙 410012)

摘 要 长沙矿冶研究院的合金材料厂, 年产值逾 1.2 亿元, 其 6 台真空中频感应炉及附属设备原用市政自来水直接排放式夹套间冷, 耗水量达 63 t/h, 且屡因突发性停水而停炉停产, 年损失 85 万多元。经研究、设计, 改建成冷却水回收复用率达 84% 的稳压、连续、半自动机内夹套间冷系统, 获得了巨大的经济效益。

关键词: 合成金刚石 触媒 熔炼 冷却水回用设计

在高温和超高压条件下合成的人造金刚石, 以其接近于天然金刚石的物理机械性能和相对低廉的价格, 越来越广泛地被用于地质钻探、油气井钻进、硬岩金属矿山和建材开采、金属和建筑装饰石料等的切磨加工。而触媒合金是大幅度降低合成温度和压力, 使人造金刚石实现工业化批量生产, 以及通过改变触媒的化学组成和添加微量元素等途径获取具有特殊性能人造金刚石的重要材料^[1, 2]。

在国内创建较早, 颇具盛名, 年产值超过 1.2 亿元的长沙矿冶研究院合金材料厂, 是生产 Ni-Mn-Co 等触媒合金的主要基地, 其熔炼车间的 6 台夹套间接水冷式中频感应炉及其附属设备, 总耗水量达 63 t/h, 且屡因市政自来水给水系统的水量、水压波动和突发性停水造成停炉停产。例如, 仅 1993 年就因此而停产、减产 350 炉, 造成直接经济损失 85 万余元。为了彻底解决该厂触媒生产中的瓶颈问题, 长沙矿冶研究院于 1994 年初拨款 21 万元给作者下达了“合金材料厂中频炉冷却水稳压、复用、炉内水垢处理”的研究、设计、改建任务, 其主要内容可概括为如下两点:

(1) 以合格的水质、稳定的水压和足够的水量, 对中频感应炉及其附属设备实行半自动连续冷却, 消除因冷却水引起的停产、减产。

(2) 在尽量延长化学清洗周期和不用或少用防垢药剂的前提下, 实现中频感应炉冷却水的回收复用, 以提高系统本身的经济效益。

1 试验研究

该触媒合金厂共装 6 台 200 kg 和 50 kg 的真空中频感应熔炼炉, 其机内冷却均为夹套间接水冷, 给水取自市政饮用自来水, 总耗用量为 $Q_i = 53 \text{ t/h}$, 尾水直接排入下水道; 灼热的合金锭则在机外用自来水喷淋散热, 耗水量(含车间职工淋浴用水) $Q_o = 10 \text{ t/h}$, 由于夹杂氧化皮等, 尾水也不回收复用, 见图 1。

经研究, 初步拟定: (1) 机内冷却改用循环水加适量补充水夹套间冷; (2) 合金锭散热降温改用从机内排出的冷却尾水, 见图 2。

一般地讲, 即使是市政饮用自来水也或多或少地掺杂和溶解了一些悬浮物、矿物质和阴阳离子。当其进入夹套因热交换而升温后, 则

^① 收稿日期: 1994-12-05; 修回日期: 1995-02-17

不论是冷却水中固有的、 Ca^{2+} 和 CO_3^{2-} 结晶析出的、还是从其它碳酸盐分解沉淀的难溶物，都能与尘埃及某些有机质等共同粘附于夹套和管网的内壁，并且随时间变化越积越厚，使系统的冷却效果越来越差，严重时甚至引发设备及人身事故。于是，每隔一定的时间就被迫采用化学清洗法进行除垢，或者是定期或经常性地往冷却水中添加适量的化学药剂，以调整 Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 等的相对浓度和缓解 CaCO_3 等垢源物质的形成^[3, 4]。

很显然，所拟定的冷却系统方案能否切实可行，在很大程度上决定于水质、水温、特别是钙离子的浓度，因此，在系统设计前作者以原直排式冷却水系统为对象，配合院药剂室试验研究了以下四个子项目。

1.1 尾水的水质

经多次取样检测，水质结果如表 1 所示。

表 1 原直排式冷却水尾水的检测结果

检测项目	检测标准	检测结果
甲基橙碱度	以 CaCO_3 计	85 mg/L
总硬度	以 CaCO_3 计	85 mg/L
氯离子	以 Cl 计	10~17 mg/L
pH 值		6.7~7.05
溶解的固体总量		152~178 mg/L

1.2 尾水温度

从熔炼炉夹套排出的尾水温度，是系统设计中必须考虑的参数之一，它与炉温、冷却水量、冷却水温、夹套热交换率，水垢厚度及传

热系数、能量利用率和直接经济效益等密切相关。经用温度计多次测得的尾水温度基本上稳定在 50~53℃ 的范围内。

1.3 成垢速率

由于时间关系，未用定期检测夹套或管网内壁水垢厚度的方法测定成垢速率，而是通过检测冷却系统给排水中 Ca^{2+} 浓度变化进行估算，结果见表 2。

假定给、排水中的 Ca^{2+} 浓度差全部转化为 CaCO_3 ，则每吨水垢产出 1.65g CaCO_3 。再按 6 台熔炼炉，每年运转 280d，每天 16h，每小时耗水 53t，以及水垢中的尘埃等物质相当于 CaCO_3 的 9 倍进行计算，则每年水垢生成量约 653kg。取水垢密度 $\rho = 4000 \text{ kg/m}^3$ ，熔炼炉及附属设备夹套、管网的结垢表面积为 $28 \text{ m}^2/\text{台}$ ，则成垢速率约达 5.82mm/a。亦即，如不处理，运转一年之后，夹套内表面积的平均垢

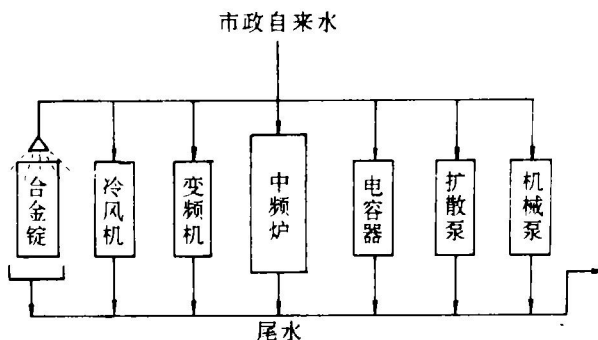


图 1 原直排式冷却水系统

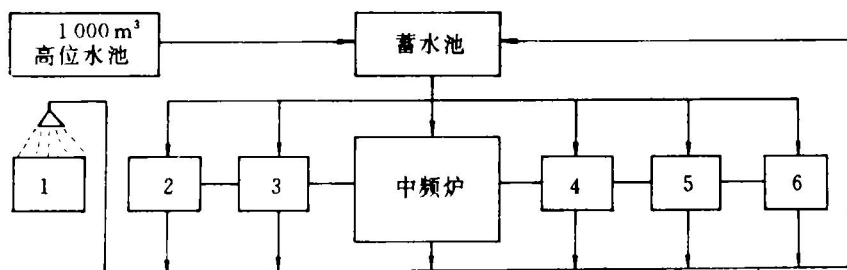


图 2 循环回用-直接喷淋冷却系统初案

1—合金锭；2—冷风机；3—变频器；
4—电容器；5—扩散泵；6—机械泵

表2 尾水及给水中的钙离子浓度

检测次数	$C_{Ca}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$		
	直排尾水	给水(自来水)	变化量
1	33.00	33.72	-0.72
2	33.20	33.62	-0.42
3	30.80	30.80	-1.00
4	32.60	33.10	-0.50
平均值	32.40	33.06	-0.66

厚达 5.82mm 左右,其中向着炉心热源的一面还将因温度较高而大於此数。

1.4 冷却水回用率

直排式水冷系统不存在回用率问题。循环式则不同,若不补充新鲜水,随着循环水在水池表面及承水斗等处蒸发,水中所含盐类和离子等都将逐步浓缩,其浓缩倍数视情况不同用循环水与补充水中的总硬度、钙离子浓度、氢离子浓度、pH 值或电导率之比表示,并各有一定的最佳值范围。为了控制浓缩倍数,即成垢速率,一般需要调整冷却水的回用率,即循环水量与循环水和补充水总流量之比,其值可用下式概算:

$$p_c = [Q_R / (Q_R + Q_M)] \times 100\% \quad (1)$$

式中 p_c —冷却水回用率; Q_R —循环水流量, t/h; Q_M —补充水(自来水)流量, t/h。

在循环冷却水系统中,补充水量 Q_M 由下式确定:

$$Q_M = E \cdot N / (N - 1) \quad (2)$$

式中 E —蒸发水量, m^3/h ; N —浓缩倍数。由经验公式

$$E = K \cdot \Delta t (Q_R + Q_M) \quad (3)$$

式中 K 为经验系数, Δt 为冷却水温差, $^{\circ}\text{C}$ 。

将(2)、(3)两式代入(1)式可以导出

$$\begin{aligned} p_c &= 1 - N \cdot K \cdot \Delta t / (N - 1) \\ &= (1 - K \cdot \Delta t) - K \cdot \Delta T / (N - 1) \end{aligned} \quad (4)$$

在本设计条件下;取 $N = 2$, $K = 0.006$, $\Delta t = 16^{\circ}\text{C}$ 可以求得 $p_c = 84\%$,即冷却水回收复用率可达 84%。

综合上述试验研究结果可知:(1)直排式冷却系统的各项尾水水质指标均符合要求,可

以回收复用;(2)尾水温度稳定在 $50 \sim 53^{\circ}\text{C}$ 之间,也能满足机内冷却的要求,但在此温度区内 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 将加速其向 CaCO_3 的分解,从而也将加速成垢,并不大有利于合金锭的喷冷散热。当其作为新设计的循环水冷却系统介质使用时,必先进行冷却处理,即在经济效益许可的前提下尽可能地降低新系统的给水温度;(3)成垢速率也是可以接受的,但为保证冷却效果,应定期进行化学清洗;(4)新系统可按 $Q_R = 53 \text{ t/h}$ 及 $Q_M = 10 \text{ t/h}$ 进行设计。

2 系统设计

通过前述试验研究,证明图 2 所示的初步设想具有现实可行性之后,针对设计任务具体要求,进一步设计了该触媒合金熔炼车间的中频感应炉循环回用水冷系统,见图 3。

本设计系统具有如下主要优点:

(1) 正常情况下,除启停压力送水器和开管网阀门外,实现全系统半自动、连续、稳压夹套式循环水间接冷却和合金锭喷淋。

(2) 在市政自来水因故停供补充水而不停电的情况下,可由本院高位水池(1000 m^3)获取补充水以维持正常生产;在停电和停供自来水的情况下,可以自高位水池获取冷却熔炼坩埚的应急水源,以保设备的安全。

(3) 主要设备及设施仅 ZGN1500-10 自动补气双泵压力送水器 1 台(最大压力 1 MPa,单泵排量 50.4 t/h,最大排量 100.8 t/h),300 m^3 低位蓄水池 1 座, DBNU3-25 玻璃钢冷却塔 2 座(单塔处理量 25 t/h、水温降 $3 \sim 8^{\circ}\text{C}$),而且简单可靠,维修方便,投资省。

(4) 由于补充水的调整,水质符合要求,成垢速率获得控制,毋需经常性的化学防垢。然而,为了提高冷却效率,防止水垢过厚,定期(一般一年一次)进行化学除垢仍然是必要的,此时应严格按照酸洗-钝化-清洗的正规程序 and 标准进行。

(5) 冷却水回用率达 84%,系统本身的直

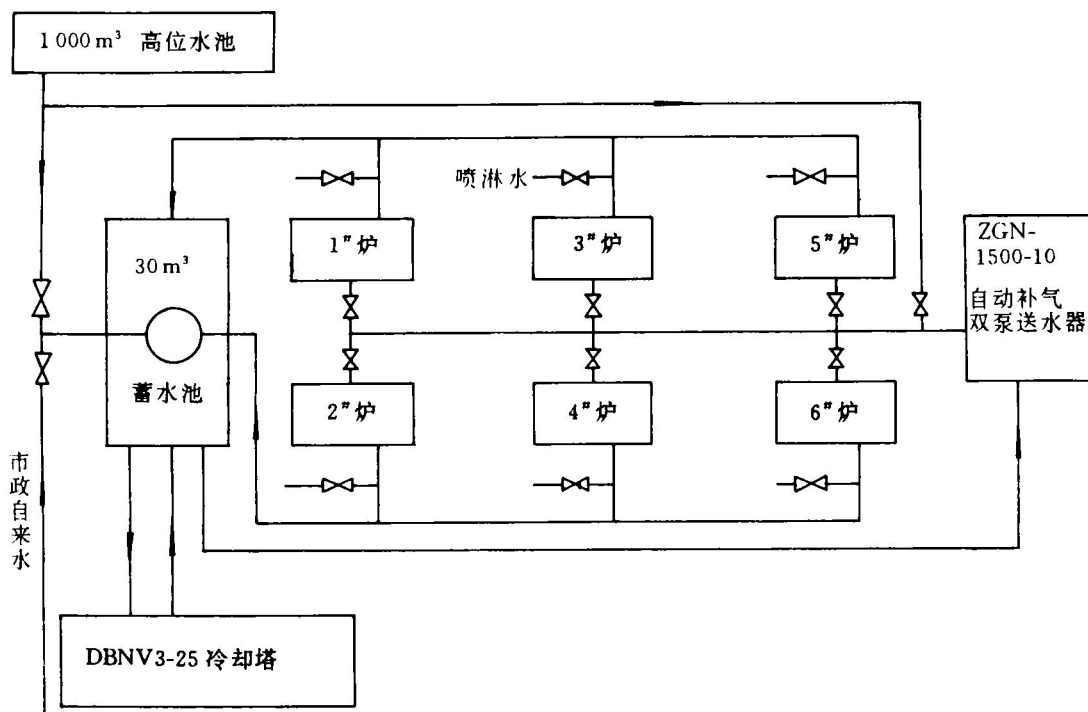


图 3 触媒合金中频感应熔炼车间循环冷却-喷淋系统

接经济效益十分显著。

3 试运转结果和结论

本研究、设计系统于 1994 年 4 月建成投产后, 经 10 个月连续运转, 证明水质、水量、水温和成垢速率等各项考核指标均符合设计要求和国家规定; 24 h 节约市政自来水 960 t, 全年 3×10^5 t, 节支 19 万元; 在拆下的一段短管内, 只见一层极薄的水垢, 经分析确定其 CaCO_3 和 MgO 等仅 6% 左右, 其余均为尘埃等沉积物。综上, 不难做出如下结论:

(1) Ni-Mn-Co 触媒合金熔炼车间, 采用回用率达 84% 的循环水机内冷却是可行的, 其水质和成垢速率能通过补充水获得有效的控

制。

(2) 一个连续、稳压、半自动的中频感应炉冷却水系统应由高、低位蓄水池、冷却塔、稳压自动补气送水器及管网组成。

(3) 市政自来水直排式夹套间冷系统, 不仅水耗大、直接经济效益低, 而且常因停水造成车间停产、减产、间接经济损失大, 应以本循环夹套式水冷系统取代。

参考文献

- 1 刘树桢等. 矿冶工程, 1994, 14(2): 62—66.
- 2 张建安. 矿冶工程, 1993, 13(2): 61—64.
- 3 黄嘉顺. 化学清洗, 1994, 10(1): 35—39.
- 4 郑金. 化学清洗, 1994, 10(4): 41—43.
- 5 王捷等. 中国给水排水, 1986, 12(1): 23—40.