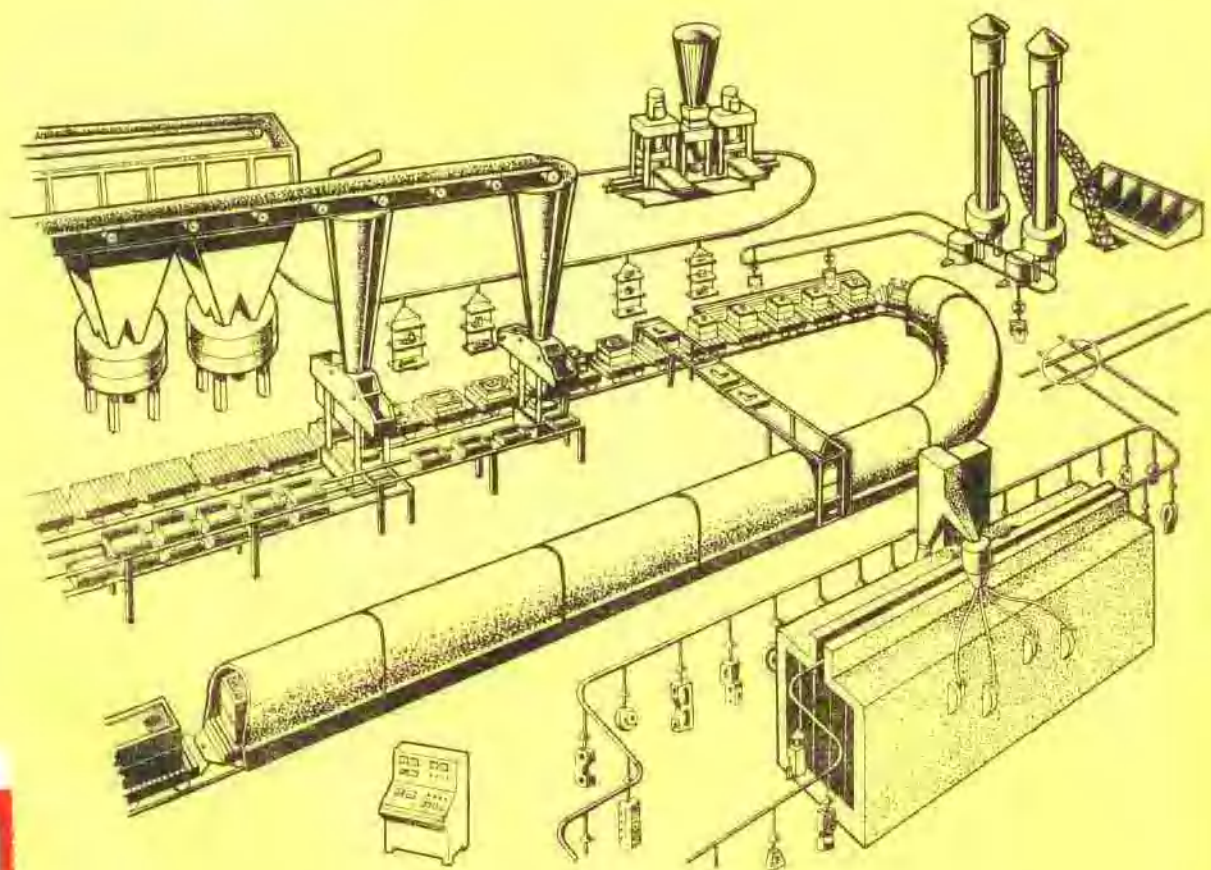


铸造车间机械化

电炉及浇注机械化

上海市机电设计院编 上海市机电设计院主编



机械工业出版社

77.2/2130/1.405

铸造车间机械化

第一篇 第四、五章

电炉及浇注机械化

上海市机电设计院主编

上海市机电设计院编



机械工业出版社

本书是第一篇第四章电炉及其辅助设备、第五章浇注机械化和自动化，合称《电炉及浇注机械化》。本书介绍了工频无芯感应炉、工频有芯感应炉、中频感应炉及电弧炉的工作原理、构造、电气控制、选用计算、辅助机械化及它们的应用特点与范围，还介绍了几种电炉配料加料的布置示例。在浇注方面除介绍传统的浇注设备外，还介绍了正在发展中的浇注半自动化及自动化的几种浇注机。

本书可供从事电炉及浇注机械化的工人及技术人员参考。

铸造车间机械化

第一篇 第四、五章

电炉及浇注机械化

上海市机电设计院主编

上海市机电设计院编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第117号

南京人民印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 8·字数 190 千字

1978 年 7 月南京第一版·1978 年 7 月南京第一次印刷

印数 00,001—23,000·定价 0.68 元

*

统一书号：15033·4452

出 版 说 明

在毛主席无产阶级革命路线指引下,我国铸造行业的技术革新和技术改造的群众运动蓬勃开展。为了总结和推广我国铸造生产中行之有效的先进设备、先进经验,我们组织编写了《铸造车间机械化》一书,供工厂在技术改造和新建厂设计中作为选择方案、设计计算、选用设备等参考。

《铸造车间机械化》全书共分八篇四十二章。第一篇炉料准备和熔化;第二篇造型材料的制备和型砂处理;第三篇造型、制芯机械化;第四篇清理;第五篇特种铸造设备;第六篇运输设备;第七篇辅助设备;第八篇钢结构、除尘及土建资料。由于《铸造车间机械化》涉及的范围较广,内容较多,我们将陆续按篇、章先出版单行本。

本书由上海市机电设计院主编,参加本书编写的有一机部洛阳设计院、一机部天津设计院、一机部机床工厂设计处、济南铸锻机械研究所、上海市机械制造工艺研究所、上海机器制造学校、上海机械学院、上海交通大学、浙江大学、重庆大学、河北机电学校、烟台机床附件厂、上海红光铸造厂、上海内燃机配件厂、上海江南造船厂、上海起重运输机械厂、上海市机电设计院等单位。对于他们的大力支持,在此一并致谢,并欢迎读者对本书多提宝贵意见。

目 录

第四章 电炉及其辅助设备

第一节 工频无芯感应电炉	1-4-1
一、概述	1-4-1
二、感应熔炼的基本原理	1-4-1
三、构造	1-4-2
四、工频无芯感应电炉的选用计算	1-4-11
五、技术规范系列表及布置图	1-4-14
六、无芯感应电炉的发展	1-4-23
七、技术经济效果的对比与分析	1-4-32
八、工频无芯感应电炉的特点和应用范围	1-4-31
第二节 工频有芯感应电炉	1-4-36
一、概述	1-4-36
二、工作原理	1-4-36
三、构造	1-4-36
四、工频有芯感应电炉的选用计算	1-4-49
五、技术规范系列表及布置图	1-4-52
六、工频有芯电炉的特点和应用范围	1-4-59
第三节 中频感应电炉	1-4-51
一、概述	1-4-51
二、技术规范系列表及布置图	1-4-51
三、特点和应用范围	1-4-69
第四节 电弧炉	1-4-61
一、工作原理	1-4-61
二、结构与分类	1-4-62
三、电弧炉的选用计算	1-4-63
四、技术规范系列表及布置图	1-4-64
五、电弧炉的改进和操作机械化	1-4-70
六、电弧炉的特点和应用范围	1-4-81
第五节 电炉的配料加料	1-4-83
一、配料加料布置	1-4-82
二、配料加料及炉料预热	1-4-85

第五章 浇注机械化与自动化

第一节 浇注机械化	1-5-1
一、中小型悬挂浇包的浇注	1-5-1
二、大包溜槽浇注	1-5-9
三、电动倾转的大中型浇包	1-5-12
四、合车浇注	1-5-15

第二节 浇注半自动与自动化	1-5-15
一、倾转式浇注机	1-5-16
二、塞杆底注式浇注机	1-5-21
三、电磁泵式浇注机	1-5-25
四、气压式浇注机(气压浇包)	1-5-27
第三节 结论	1-5-32

第四章 电炉及其辅助设备

第一节 工频无芯感应电炉

一、概 述

工频无芯感应电炉是近十几年来发展迅速、用途广泛、技术先进的一种熔化设备。它主要用于铸铁、合金钢和有色金属如铜、铝及其合金的熔炼，以及铸铁等熔液的升温和成分调整。由于它具有熔炼迅速、金属损耗少、功率控制方便、熔炼加热质量高、容易实现机械化自动化和劳动条件好等一系列优点，正在得到日益广泛的应用。

解放以前，感应电炉的生产还是空白一片。建国以来，在毛主席无产阶级革命路线指引下，从无到有，从小容量到大容量，从单品种到多品种，成为一种先进的可熔炼不同金属的新型熔炼设备，得到很快的发展。随着技术革新和技术改造的开展，遵照毛主席“独立自主、自力更生”，“尽量采用先进技术”的教导，设计、制造和使用工频无芯炉的单位，如雨后春笋般地在全国各地普遍出现，发展很快。

以熔化黑色金属而言，工频无芯炉国内已投产的有容量 750 公斤、1.5 吨、3 吨、5 吨、10 吨炉；20 吨炉也已制造完成，目前正在设计制造 30 吨的炉子。也有些工厂自制了 100、150、250、400、500、700 公斤的工频无芯炉。目前世界上用于熔炼铸铁的大容量工频无芯炉达 65 吨，功率 21000 千瓦；大容量的熔铜工频无芯炉达 40 吨，功率 2000 千瓦。

二、感应熔炼的基本原理

无芯炉的命名是相对有芯炉而言，金属液盛于一坩埚中，故又名坩埚炉。在坩埚外面，围绕一个称为感应器的线圈。当坩埚外的感应线圈通以交流电流时，在线圈周围就产生磁力线穿过金属的交变磁场，这一交变磁场又使炉料中产生感应电流及感应电动势，在垂直于炉料轴心平面上引起涡流，产生 I^2R 的焦耳热，使金属炉料加热直至熔化。感应电流在金属炉料中的分布也不一样，外表面最大，越接近中心越小。这种现象称为趋肤效应。衡量趋肤效应的方法，用电流透入深度 δ (厘米) 来表示：

$$\delta = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}} \quad (\text{厘米})$$

式中 ρ ——炉料的电阻率(欧姆·厘米)；

μ ——炉料的导磁率；

f ——频率(赫兹)。

由于金属熔化是感应电流受电阻作用的结果，而且从上式看出，透入深度与炉料电阻率的平方根成正比，因此金属的电阻愈大，则加热效果愈明显。例如，钢的电阻比铜大，则在同样条件下钢的加热速度比铜快。对于非导电材料，感应电动势不能形成感应电流，因而不能实现感

应加热。而且从上式看出,透入深度与电流频率 $\odot$ 的平方根成反比,即随电流频率的减小而增加。从上式可知,工频炉的透入深度比中频炉大,比高频炉更大。

当金属炉料熔化后,由于电磁感应的作用,一次磁力线产生的二次磁场与金属熔液中的感应电流相互作用而产生电磁力,力的方向是由坩埚中心向上而分向坩埚两壁压缩,坩埚壁承受压力,使金属熔液起到自动搅拌的作用,搅拌力的大小见下式:

$$F = K \sqrt{\frac{1}{\rho f}} \times \frac{P}{A} \quad (\text{克/厘米}^2)$$

式中 K ——系数;

ρ ——炉料的电阻率(欧姆·厘米);

f ——频率(赫兹);

P ——电功率(千瓦);

A ——对应于感应器的金属熔液面积(厘米²)。

从上式看出,搅拌力的大小与频率的平方根成反比,因此工频炉的搅拌作用很剧烈,中频炉次之,高频炉的搅拌作用最缓和。

三、构造

工频无芯感应电炉的主要结构,包括炉体、水冷系统、翻转机构、供电系统和电气设备等部分。

(一) 炉体

工频无芯感应电炉的炉体部分称为炉体,1.5吨~5吨工频无芯感应熔铁、铜炉的炉体结构见图1-4-1。图内尺寸见表1-4-1。

炉体一般由炉架、感应器、坩埚、磁轭、及紧固装置等组成。炉料置于坩埚中,在坩埚外面围绕着石棉板和石棉布做成的保温层,其外面是云母板做成的绝缘层,在绝缘层外面紧紧贴放着由多匝线圈绕制而成的感应线圈(感应器),见图1-4-2。

在感应线圈的圆周上分布着磁轭,磁轭与线圈之间衬有绝缘材料且紧贴着。

1. 坩埚 坩埚有用耐火材料打结成的和铁质的两种:

(1) 耐火材料打结成的坩埚: 对打结成的坩埚来说,有下列要求:

1) 耐高温,在热应力下有好的强度。因为坩埚较薄,在其上温降很大,对熔钢来说,钢液温度达1600°C,而坩埚外壁仅为几百度。

2) 需具有足够的机械强度。因为坩埚壁很薄,却要承受很重的金属液,并要考虑到结桥时承受的机械冲击。

3) 炉衬需对熔渣有足够的化学稳定性。

4) 炉衬需尽可能薄,厚了会降低炉子的电效率,从而降低炉子的经济指标。

5) 炉衬需在高温下有好的电气绝缘性,否则会造成短路。

6) 炉衬的热膨胀系数宜尽量小,否则由于热应力容易开裂。

打结坩埚采用酸性、碱性或中性耐火材料。

1) 酸性耐火材料: 大多用石英砂($\text{SiO}_2 > 98\%$),以工业硼酸作烧结剂。石英砂炉衬的高

$\odot$ 工频是指一般工业上用的电源频率。在我国和世界上绝大多数国家,工频就是指50赫兹的频率,而在美国、加拿大、古巴等国则指60赫兹的频率。

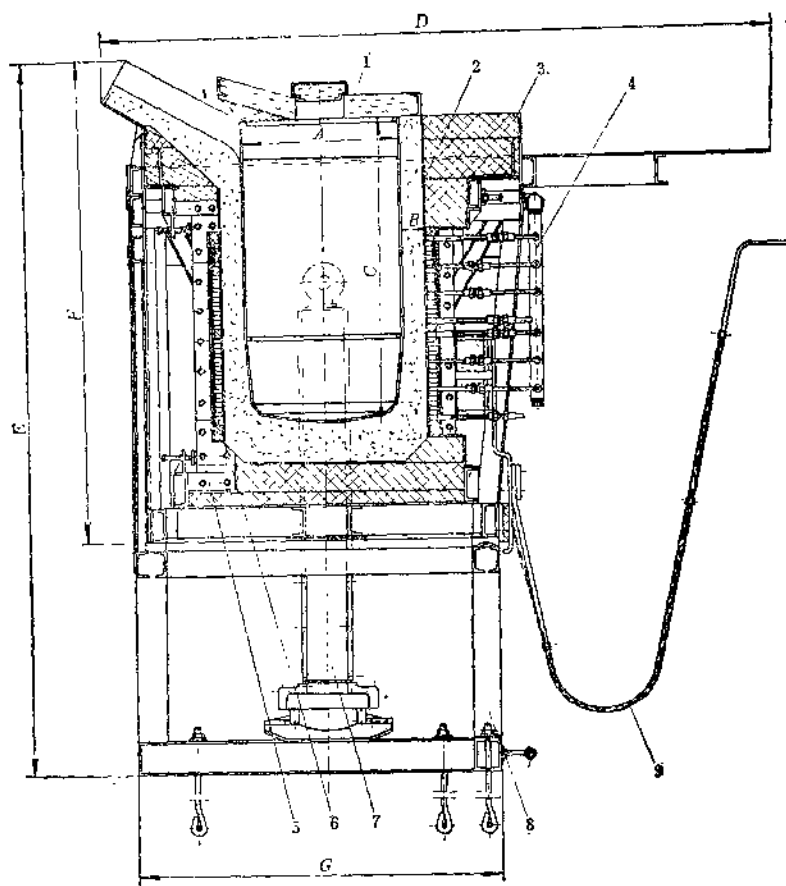


图 1-4-1 1.5~5 吨工频无芯感应熔铁、铜炉炉体结构图

1—加热部分 2—窑墙 3—转动炉架 4—冷却水系统 5—电磁 6—感应器
7—转动油缸 8—固定炉架 9—电缆

表 1-4-1 1.5~5 吨工频无芯炉炉体尺寸 (毫米)

炉 型	A	B	C	D	E	F	G
5 吨熔铁炉	φ900	1200	1470	5525	3520	2255	2670
3 吨熔铁炉	φ780	1118	1430	5114	3404	1755	1770
1.5 吨熔铁炉	φ600 φ580	1000	1190	2455	2755	1810	1410

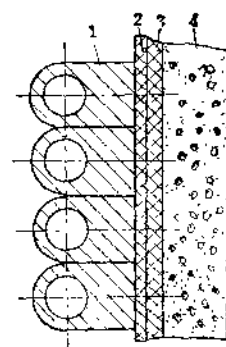


图 1-4-2 熔铁炉衬的结构

1—感应器线圈 2—绝缘层
3—保温层 4—耐火炉衬

温荷重软化点高, 并且很接近它的耐火度, 一般多在 1600°C 以上, 有的可达 1650°C 以上。这样, 高温时炉衬机械强度高。已烧结的石英砂在 600°C 以上时, 体积变化非常微小, 即在 600°C 以上的耐急冷急热性好。在熔化铸铁时, 因铸铁的含硅量高, 有时回炉铁又带有石英砂, 因此

熔炼时的炉渣很快变成酸性,因此石英砂炉衬适合于熔炼铸铁。而炼钢时温度较高,往往接近甚至超过其耐火度,所以用于炼钢时寿命较短。

石英砂来源广泛,价格较低,烧结性能好,因此一般都采用它。

除了一般石英砂或硅石外,电融硅石因经过了热加工,膨胀系数更小,可在短时期内完成烧结,使用寿命可比一般石英砂炉衬高两、三倍。

2) 碱性耐火材料: 一般采用镁砂($\text{MgO} > 85\%$),耐火度为 2000°C 左右,镁砂炉衬用卤水作烧结剂,也有用焦油及水玻璃的。镁砂炉衬能抗碱性渣,炉内可加造渣材料去磷、硫。但其热膨胀系数较大,在使用过程中容易产生裂纹,加之导热性又高,经长时间的使用,烧结层迅速增厚,没有过渡层及疏松层,容易产生裂纹,增加了金属向炉子线圈穿透的危险。为了防止整体烧结,用电熔镁砂或镁砂氧化铝尖晶石(电熔镁砂加入适量的电熔刚玉)作材料,但成本高,因此这种炉衬材料多用于小炉子或连续生产的炉子上。

3) 中性耐火材料: 有高铝质的刚玉($\text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$)、氧化铍、氧化锆等,后两种价格太高很少采用。高铝材料在耐火度、热膨胀性、荷重软化点及耐急冷急热性方面都较好。因为是中性材料,可造酸性或碱性渣熔炼。但烧结性能不好,使其应用受到限制。

以上碱性及中性材料,其价格都比酸性材料高,但昂贵的费用不能为其有较长的使用寿命所抵偿,所以目前国内外都未大量使用。

(2) 铁质坩埚: 铁质坩埚工频感应电炉大多用于熔炼铝、镁等低熔点金属,可以大大改善炉子的电效率和功率因数。在坩埚温度低于居里点时,电效率可达 90% 以上,功率因数约为 0.5 左右。

铁质坩埚的使用可分为三类:

1) 低温类: 熔炼铅、锌一类金属,熔化温度一般在 400°C 左右。

2) 中温类: 熔炼铝、镁一类金属,熔化温度一般在 700°C 左右。

3) 高温类: 熔炼某些铝合金,熔化温度约 $700 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 。

常用的坩埚材料有: 普通铸铁,如 HT18~38、HT21~40、HT24~44 等; 耐热铸铁,如 RTSi-5.5、RQTSi-5.5; 铸钢,如 ZGQCY25NiZ、ZGQY25Si 等; 以及锅炉用的热轧碳素钢板等。

2. 感应器 感应器是感应电炉的主要部分,通过感应器将电源的有功功率(电流)传递到被熔化的金属炉料中。

感应器由空心紫铜管制成,管内通循环水(容量很小的炉子,在感应器中通过的电流不超过允许的电流密度时,也可不用循环水冷却)。

感应器传递功率的能力,取决于电流通过感应器所产生的磁场强度,而磁场强度由感应器的安匝数决定。对于电流 I_1 大和匝数 W_1 多的感应器,其安匝数 $I_1 W_1$ 高,则传递功率大。感应器电流 I_1 受感应器发热和匝间绝缘的限制, I_1 增大使感应器发热,如果 $I_1^2 R_1$ 大大增加,会使感应器不能正常工作。采用强制循环冷却可以迅速带走热量,保证感应器不致发热,因而在感应器中通过较大的电流。

由于在感应器中要通过的电流很大(在循环水冷却的情况下,允许的电流密度达到 $20 \sim 40$ 安培/毫米²),以致在感应器中的电损失可达到炉子有功功率的 25~30%。这一部分损失将变为很大的热量,因此一般情况下感应器必须进行人工冷却。

用空气冷却的感应器虽然结构简单,又不需消耗水,但效果不好。国内外的工频无芯熔化

炉实际上都采用循环水冷却,出水温度不宜超过 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$,冷却水的升温不超过 25°C 。空心紫铜管强制水冷的感应器,允许的电流密度约为 $10\sim 20$ 安培/毫米²。

冷却水压不宜太高,根据一般工厂供水条件,大多为 $2\sim 3$ 公斤/厘米² 左右,水流速度应在 $1\sim 1.5$ 米/秒以内。

选择感应器铜管断面和制作感应器时,应考虑下列三个条件:

- 1) 电能损失最小;
- 2) 保证通过由计算确定所需的冷却水量;
- 3) 能在允许的高度范围内,布置计算所定的感应器匝数。

根据电磁场理论得到的电能损失最小的条件是:

$$\Delta_{\text{管}} \geq 1.3\delta$$

式中 $\Delta_{\text{管}}$ ——铜管的壁厚(毫米);

δ ——电流透入深度(毫米)

高频和中频的 δ 值甚小,所以容易满足上式要求。但是,对于工频(50 赫兹),则电能最小损失的管壁厚度就很大了,如 50 赫兹时, $\Delta_{\text{管}} \geq 13$ 毫米,由于太厚故实际上采用异形铜管。有的工频无芯熔化炉感应器铜管壁厚仅 $1\sim 2$ 毫米,则显然会增加铜管损耗,降低电效率。

为了在较小的高度上布置较多匝数的线圈,必须缩短匝距,在图 1-4-3 中:

$$\text{匝距 } S_{\text{匝}} = h_{\text{匝}} + \Delta_{\text{绝}} \quad (\text{毫米})$$

式中 $h_{\text{匝}}$ ——每一匝线圈断面高度(毫米);

$\Delta_{\text{绝}}$ ——匝间绝缘厚度(毫米)。

在考虑 $\Delta_{\text{绝}}$ 值时,应使每一毫米厚绝缘层不超过 $10\sim 40$ 伏电压,采用更好的绝缘材料时,耐压可达到 100 伏/毫米,即:

$$\Delta_{\text{绝}} = \frac{V_1}{(10\sim 40)W_1} \quad (\text{毫米})$$

式中 V_1 ——加在感应器两端的电压(伏);

W_1 ——与电压 V_1 相应的感应器匝数(匝)。

目前,一般采用玻璃丝带 1.3 重迭绕,再没有机漆后还必须烘干,以加强绝缘强度和机械强度,这样匝间绝缘厚度 $\Delta_{\text{绝}}$ 一般为 $0.5\sim 1$ 毫米。如用真空浸渍则较好。

为了减少匝距 $S_{\text{匝}}$,有效的办法是将线圈截面由圆形压扁,如图 1-4-4a)。由于要在其中通过强大的工频电流,而这电流又因趋肤作用而集中在感应线圈靠近坩埚的一侧。为了节约



图 1-4-4 线圈的截面

铜材和便于线圈的布置和加工,感应线圈需要做成内壁厚、外壁薄的形式,因此可采取在靠近坩埚的一面焊一条扁铜带如图 1-4-4b),或采用异形断面的铜管如图 1-4-4c),以大大增加载流能力。为了把足够大的功率输送到坩埚里面去,感应线

圈中所通过的电流特别大,由此所产生的电磁振动力很强,因此整个炉体要装配得非常结实,以减少由于强大的电磁振动力所引起的炉体各部分的振动。在感应器外侧的几组磁轭将感应器上下夹持住,并用夹紧装置从感应器顶面压紧,使炉子工作和翻转时,感应器不致松动。

3. 磁轭(轭铁) 它是工频炉区别于小容量的中频感应炉的特有部件(大容量的中频炉也

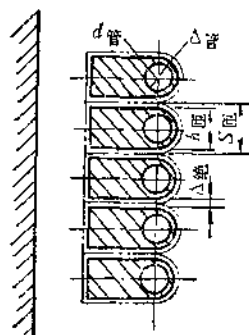


图 1-4-3 感应线圈的纵向布置

有采用磁轭的),起辅助导磁作用,能加强感应线圈对炉料的功率传递和两者之间的电磁感应,减少感应器的漏磁通向外扩散,防止大量磁力线与炉子支架及其他金属构架发生磁感被加热而损坏,以提高功率因数,简化炉架结构,促使炉温轴向分布比较均匀,并作为感应圈的支撑物。

磁轭形状见图 1-4-5,它是由 0.35~0.5 毫米的硅钢片迭成的铁柱,装在感应线圈的外侧。硅钢片也可不冲孔,而用“□”型夹板夹紧。

为了使磁力线均匀分布,磁轭应尽可能在圆周上均匀分布。磁轭的截面形状,希望其宽度 $a > b$,磁轭通常分为 6~11 组,其总截面的大小取决于感应圈每匝电压 e 值。

4. 炉子紧固装置 在炉子工作时,由于电磁振动力,容易使机构松动。因此,感应器还有几组压紧装置,防止松动。压紧装置固定在磁轭上,所以一般与磁轭数目相同。

(二) 水冷系统

炉子冷却水是用来带走感应器的电损耗产生的热量,以及坩埚外壁传导出的热量。冷却水的供水总管与炉子供水管之间,用活动水密接头联接,冷却水的出水管应每组单独引至排水箱,然后集中排水,以便分别检查每组冷却水路的情况。

冷却水需要清洁无杂质,在每升水中氧化钙含量应低于 60 毫克,硬度要求 < 6 毫克当量/升, pH 值 6~8,电阻率大于 25×10^3 欧姆·毫米。冷却水的压力及流量,应保证出水温度不大于 $50 \sim 55^\circ\text{C}$,进水 $< 30^\circ\text{C}$,温升 $< 25^\circ\text{C}$ 。以免在感应圈内部结垢而影响冷却效果。在出水处通常装有温度继电器进行保护,当温度超过时,温度继电器能使电源停止向感应器供电。通常,此温度继电器系装在出水管汇集斗内。此时,在坩埚局部被侵蚀变薄甚至渗入铁水时,某几组感应圈冷却水温升高时,不能起保护作用,故最好在每一组冷却水出口处都装一小型温度继电器。

如果冷却水用自来水,必须对水压及水量作深入了解,务必满足工频炉水冷要求。如水压不足,应加装水泵增压。在熔炼过程中,冷却水是不能中断的,不然会使线圈绝缘过热并烧毁。因此,最好采用水塔或水路闭合循环的方式供水,以免发生意外。

(三) 炉子翻转机构

翻转机构有四种基本形式,即:手动式、吊车和起重机式、电动机减速式和液压传动式。

1. 手动机构(见图 1-4-6) 它用于较小的炉子,例如 150 公斤工频炉、250 公斤工频炉和 400 公斤工频炉等,用手动转轮传动蜗轮蜗杆。优点是结构简单,操作也较可靠。

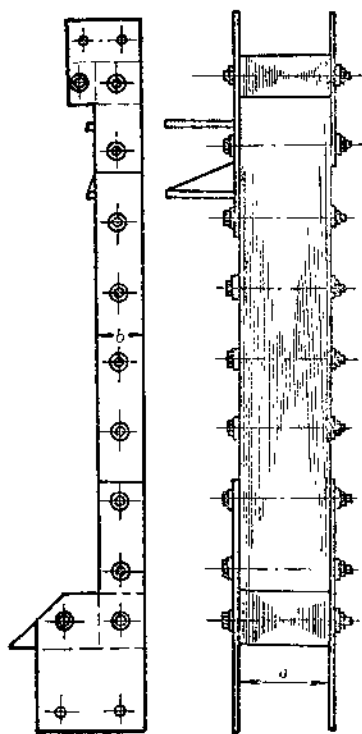


图 1-4-5 磁轭

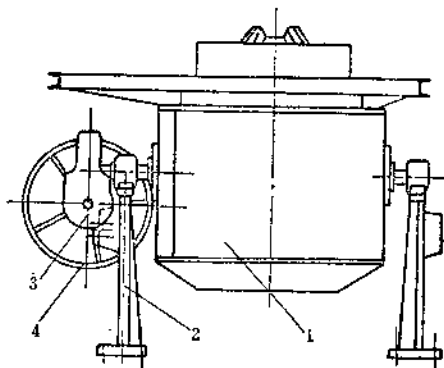


图 1-4-6 手动翻转机构

1—炉体 2—支架 3 蜗轮和蜗杆 4—转动手轮

缺点是劳动强度大,且转动轴心位于炉体中心,翻转时炉口移动幅度较大,浇包要跟着移动,操作不便,如操作不当,还可能造成事故。

2. 起重机式翻转机构(见图 1-4-7 和图 1-4-8)
它也用于中小型的炉子,例如 250 公斤工频炉、700 公斤工频炉和 1.5 吨工频炉等。

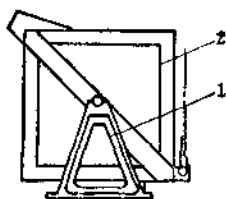


图 1-4-7 起重机式翻转机构(支点在炉体中心)

1—固定支架 2—活动支架

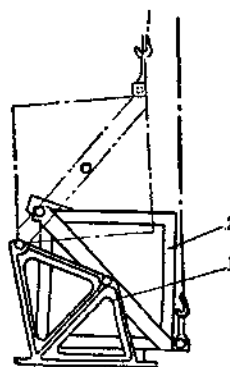


图 1-4-8 起重机式翻转机构(支点在炉口附近)

1—固定支架 2—活动支架

其形式也不完全相同,有的工厂几台炉子共用一台电葫芦起吊翻转,效果也很好。图 1-4-7 的形式是起吊翻转时,支点在炉体中心,炉口移动幅度较大,对操作不利。图 1-4-8 的形式是熔化时支点在炉体中心,而在翻转时支点移到炉口一端,这样在翻转时炉口移动幅度较小,便于操作。

使用起重机翻转炉体,结构简单,但增加了起重设备,不过吊车可兼作其它起重之用。缺点是,由于吊车减速的等级不够,会使装满金属液的炉体受到冲击力,操作不平稳,以致有时金属液倾溅到外面,造成事故。

3. 电动减速翻转机构(见图 1-4-9) 用于中小型的炉子,例如 250 公斤工频炉、500 公斤和 800 公斤工频炉、1.5 吨工频炉等。

利用电动机通过减速机构使炉体翻转,以代替人工,但缺点是起动和停止不平稳,而且支点在炉体中心,炉口移动距离较大,调速也不如液压容易控制。

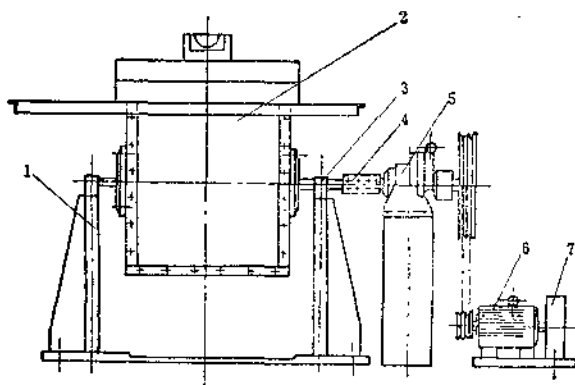


图 1-4-9 电动减速翻转机构

1—固定支架 2—炉体 3—轴承 4—联轴器 5—电液转换阀
6—电动机 7—电液制动器

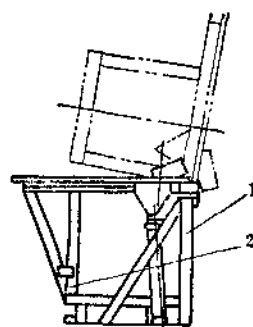


图 1-4-10 液压翻转机构

1—固定支架 2—活动支架

4. 液压翻转机构(见图 1-4-10) 采用液(油)压传动翻转炉体的方式已越来越多,400 公斤以上的炉子几乎大多数都采用这种机构。例如 400 公斤工频炉及 1.5 吨、3 吨、10 吨工

频炉等。虽然这种机构系统比较复杂,在制造、安装上的要求较高,但优点也较突出:传动平稳、速度调节范围宽,可用极缓慢的速度翻转,并可在任意角度的位置停留、工作可靠、控制简单容易。而较大的炉子采用这种翻转方式,还有液压传动大功率时体积小、工作可靠等优点。总的看来,这种形式比其他几种更好。

(四) 电气设备

1. 补偿电容器和相平衡器 由于工频无芯电炉自然功率因数很低(见表 1-4-2),故必须配有大量的移相电容器,以补偿无功功率,提高功率因数。

目前,国产移相电容器的额定电压为 0.4、0.5、1.05 千伏等。额定容量为 9、10、11、12、13、20 千乏等。

表 1-4-2 工频无芯炉的自然功率因数

炉子容量 (吨)	自然功率因数		
	灰 铁 和 钢	黄 铜	铜
1	0.26	0.19	0.17
5	0.25	0.17	0.15
10	0.24	0.16	0.14

移相电容器额定电压应与感应器工作电压一致。额定容量大小只要保证总容量即可,但单个容量小、则电容器数量多,体积庞大,工频炉补偿用移相电容器应采用单相。

为了获得高的效率和较高的功率因数,工频无芯感应电炉宜设计成单相的。国外曾制造过两相和三相的工频无芯电炉。由于感应器相之间相互干扰,其性能比单相炉为差。

使单相负载变为三相负载特性的装置称为相平衡器。这种相平衡器通常是用一对容量相等而可变的电抗器和电容器组成,与炉子连接成三角形负载。

在熔化过程中,要求改变功率时需调节电压。另一方面炉子功率因数也会随炉温和炉料情况而变化,此时为要求改变供电功率而需调整电压,因此补偿电容器组应有部分可以进行调节,与此相应的平衡电抗和平衡电容器也应进行调节,才能既保持炉子相的功率因数为 1,又使电网线路电流达到平衡。

随着炉子坩埚被侵蚀减薄,炉子容量增加,功率因数改善,供电功率也会增高。为了保证在这种情况下也能做到补偿和平衡,应该将补偿电容、平衡电抗、平衡电容的安装容量比额定值增大 15~20%,不少工厂正因由于平衡电抗器容量太小,不能做到三相平衡,甚至由于发热而不能工作。

2. 供电线路 我国工频无芯感应电炉发展较快,各厂因地制宜地自行设计和制造出各种容量的炉子,其供电系统各具特点,特别是电源设备往往受到原有条件的限制,因此必须结合具体情况选择适宜的供电线路。

(五) 坩埚防漏装置

有经验的操作者,在一定的电压情况下,从功率表读数可知坩埚的平均壁厚,但不能确知坩埚的局部壁厚,因此由于局部的磨损,特别是坩埚裂缝会造成铁水渗漏,破坏感应器的绝缘,引起匝间短路,将感应器破坏,严重时会引起冷却水冲入金属液引起爆炸事故。为了确保设备和人身安全,需要设有坩埚防漏装置。

在防止漏炉方面,有下列措施:

1. 设置防漏坩埚 在散料打结炉衬外面加一个整体坩埚。当炉衬在渗漏或大块崩塌而漏炉时,整体坩埚便可阻止金属液溢出。某700公斤工频炉即加装了一个矾土水泥整体坩埚。据报导,该措施曾防止了几次漏炉事故。但其缺点是不能预报,且矾土水泥整体坩埚在受热后裂开,故寿命不长,也不能严格保证不发生漏炉。

2. 设置报警器 在散料打结坩埚外围设置坩埚渗漏报警器,在漏炉时发出报警。以前有的用交流电流动作型的报警装置,但在运行中由于电极上产生感应电势,对报警系统干扰很大,会发生误报情况,经过改进成为直流电流动作型报警装置,见图1-4-11。在3吨、10吨工频无芯炉上试用,情况较好。

报警装置是在感应器和石英砂石棉板中间装一薄层不锈钢板做为测量板。在炉底部用镍铬电阻丝经石英砂炉底砖缝引出,并接地做为报警器的另一极。

当外界条件一定的情况下,不锈钢板电极和炉底电极间的绝缘电阻在一定电阻值左右波动,当金属液渗入石英砂接近不锈钢板时,欧姆读数便下降,这时电器系统就会发出警报讯号。

这种报警装置有很多优点:

(1) 抗干扰性强。无论炉子送高压(1000伏)电或低压(300伏)电,也不论用于3吨或10吨,报警都较准确。

(2) 灵敏度高。无论大漏小漏,只要有铁水接触钢板,电极均动作。

(3) 随着铁水渗漏深度增加,漏泄电流也上升,起漏炉预报作用。

(4) 线路简单,同时有接地试测回路,便于现场人员检查分析情况。

(5) 成本低,维护方便。

缺点:在报警后不知坩埚损坏情况,对处理事故感到为难。如要照顾设备,则人身安全成问题,如人员撤离现场,则设备有危险,不能从容处理事故。另外,在铺设炉底电阻丝时,给筑炉带来一定麻烦,且不锈钢圈易于裂开,则会造成误报或失灵。

报警器使用中注意事项:

(1) 电极钢板材料要完全不含导磁成分,否则涡流产生高温,烧结炉子外圈达20~30毫米深。厚度要 ≤ 0.3 毫米,否则敷设不方便,影响炉衬捣实。

(2) 停炉冷却后,底部不锈钢丝断开。因此,最好连续开炉或者停炉后留有铁水保温。

(3) 电极引出线要可靠,绝缘良好。钢板电极设两根引出线为宜。

此外,报警系统虽然一般能保证炉子安全,但遇突然意外,仍有可能烧坏设备,所以如能设法加上保护层,报警后可以从容地处理金属液。即使大漏,也不会烧坏设备。而电压提高到40伏或60伏则更好。

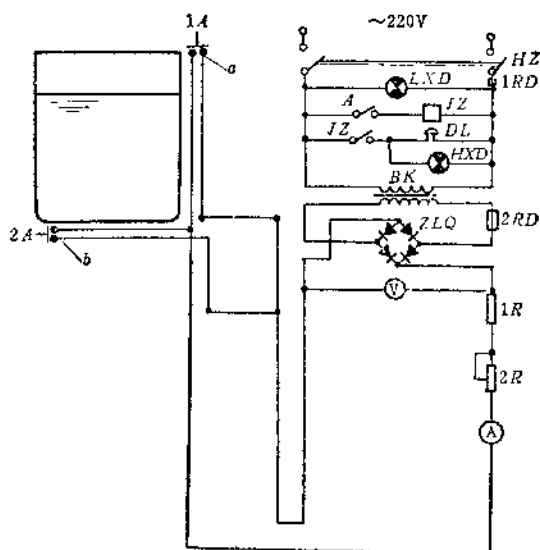


图 1-4-11 直流电流报警系统原理图

HZ—转换开关 LXD—绿色信号灯 A—电接点电流表
BK—控制变压器 ZLQ—桥式整流器 2R—可变电阻
a—炉衬单号电极 b—炉底单号电极 1RD—熔断器
2RD—熔断器 HXD—红色信号灯 JZ—中间继电器
V—电压表 1R—电阻 1A—检验按钮 2A—检验按钮
A—开关

3. “警报器-双重炉衬”防漏措施 这一措施吸取了上述两者的优点,再加以改进。

由于有警报器,可以预报漏炉。由于设置了双重坩埚,即使内层炉衬已经破损,而外层坩埚仍可将金属液挡住,操作者可根据现场情况,从容处理事故。

(1) 外层坩埚: 由于整铸的矾土水泥坩埚虽然耐火度高、刚性强,但受高温并急冷急热后易于开裂,所以强度和刚度过于好的坩埚也有其缺点,故采用石英砂粘土为主的打结坩埚,它在打结成型后具有一定的强度及刚度,但也有一定的退让性,不易裂开。例如,用造型石英砂(含 SiO_2 95%) 70%、白泥 30%, 及适量水分, 打结成外层整体坩埚。容量大的炉子可用砖砌

的外层坩埚。

(2) 检漏电极: 检漏电极设置在外层坩埚内侧,和内层坩埚的外侧,当内层坩埚破损而漏出金属液时就发出报警。一些工厂大多使用梳状不锈钢圈作为检测电极,其缺点是: 不锈钢圈需加工、卷筒等工序,打炉时也很不便,并且受到反复热应力(急冷急热)后又易于裂开,因此不很理想。改进的方案见图 1-4-12。电极用铜箔做成,紧贴在外层坩埚的内侧,上端稍向外翻,用图钉钉在坩埚上,下端稍向内翻,使它在打结炉底后压在炉底下不致移动,铺好后即在顶端用烙铁将自定的单号电极并联成一通路。将相邻的双号铜箔也并成一通路。联结线相互交错处用玻璃布包扎绝缘,这就形成了两组炉衬检测电极。当金属液流到电极层时两组电极就会短路,使报警器发出信号。炉底电极也是同样,先打结一层厚度为 40 毫米左右的外层炉底,在上面铺上两层石棉板,在石棉板上如图放置两组鱼骨状电极。放好后,将引出线理好,压在炉底紧固螺钉的垫圈底下,再引向报警器。引出线理好后,即在炉衬及炉底电极内侧围上两层石棉板、两层玻璃布(大炉子要加一层云母板),然后打结内层炉衬。内层炉衬与一般工频炉的一

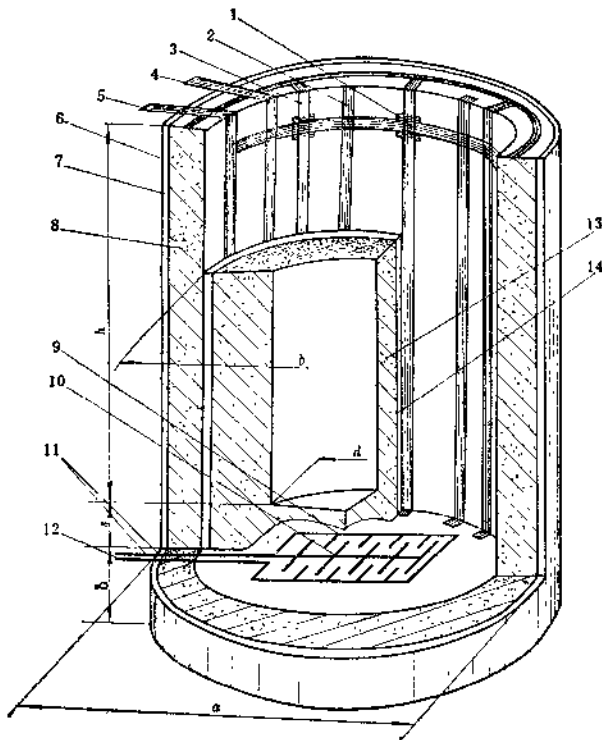


图 1-4-12 坩埚及电极布置图

g—炉底内层高度 b—炉底外层高度
h—坩埚高度 a—保护坩埚外壳
b—内坩埚外径 d—内坩埚内径

1—电极绝缘用玻璃布 2—炉衬双号电极 3—炉衬单号电极
4、5—炉衬电极引出线 6—石棉纸板(两层) 7—马粪纸板(两层)
8—打结层 9—炉底双号电极 10—炉底单号电极 11、12—炉底电极引出线 13—炉衬内打结层 14—石棉纸板一层和玻璃布两层

样,但其厚度比原来的薄 25 毫米左右(因为设置了外层坩埚),筑炉即告完毕。

(3) 报警系统电气线路: 报警系统必须做到工作可靠,不漏报、不误报。不漏报的措施是: 必须使电气系统有检查线路、指示线路,可以随时检查电极系统是否可靠,线路自身是否可靠,动作是否灵敏。不误报的措施是: 使电路系统不受一次回路强磁场的干扰,同时在电极材料上也要注意,切不能将磁性材料作为电极系统。

图 1-4-13 是一种实际使用的报警系统电气原理图。

1LXD、2LXD 分别标志原副变回路工作正常, 1A、2A 分别为炉衬及炉底电极检验按钮, 操作者经常按动 1A、2A 进行检验, 观察 1HXD、1DL 及 2HXD、2DL 是否动作, 模拟铁水短路的情况。但即使有了装置, 操作者经常从仪表及水温进行检查也是很重要的。

如果要提高抗干扰能力, 则借用目前使用的直流电流报警系统(图 1-4-13)也可以。调节 1R 及 2R 使电流表 A 在正常情况下有一中值指示, 此法与图 1-4-15 比较, 虽抗干扰能力提高, 但由于使用了继电器系统, 故系统可靠性必然下降。

缺点是: 1A、2A 检验不到每根电极的支路, 如果有一根支路断开, 则在此处就不能报警。要克服此缺点, 一种办法是在每根电极支路的下端接出引出线, 用一旋转开关检验它与相邻支路短路时有无反应, 但引出线太多, 会使筑炉麻烦。另一办法是两组电极均用铜箔或铝箔围上一圈(开口的), 中间用石棉纸隔开, 金属液烧穿石棉纸时就将两组电极短路, 但此法还需通过实践。

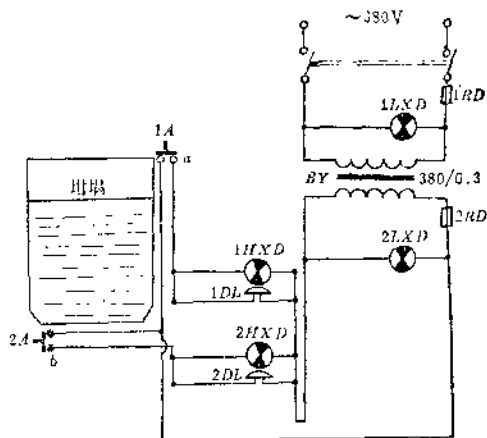


图 1-4-13 漏炉报警系统电气原理图

1LXD、2LXD—分别为高低压安全信号灯(绿色)

BY—380/0.3 伏变压器

1HXD、2HXD—分别为炉衬、炉底报警信号灯(红色)

1DL、2DL—分别为炉衬、炉底报警电铃

1A、2A—分别为炉衬、炉底检验按钮

a、b—分别为炉衬、炉底的单号电极

四、工频无芯感应电炉的选用计算

关于工频无芯感应熔化炉的计算方法很多, 其计算原理可归纳成两大类, 即“变压器法”和“贝塞尔函数法”两类; 前者以空心变压器的设计原理为根据, 后者则基于电磁场理论。黑色金属的工频无芯熔化炉的计算多用变压器法, 有色金属的熔炉多用贝塞尔函数法, 特别是用铁坩埚熔化铝、镁合金者, 以用贝塞尔函数法为宜。

因为工频无芯感应电炉已逐渐形成定型产品, 而且有关计算的方法, 在其他书籍及资料中都有刊载, 所以本书中不再详述, 仅将其中为选择和确定炉子直接有关的几个公式列出作为参考(以下有芯感应电炉、中频感应电炉与电弧炉各节亦同)。

(一) 计算所需的原始资料

计算和选择某一台炉子, 首先要具备下列已知条件:

- (1) 熔化金属的名称、牌号和成分;
- (2) 熔化温度 t_r 和浇注温度 t_y ($^{\circ}\text{C}$);
- (3) 金属在浇注温度时的热含量 C (千卡/公斤);
- (4) 炉子生产率 N_r (公斤/昼夜) 或炉子容量 G_b (公斤);
- (5) 每炉熔化时间 t_1 (热炉) 和辅助时间 t_2 ;
- (6) 供电电网参数:
 - 1) 车间电压及高压电网电压(伏);
 - 2) 供电变电所容量或专用变压器容量(千伏安);
 - 3) 电网频率, 通常为 50 赫兹。