

感应电热设备的设计(2)

汤景明 机械部西安电炉研究所(西安 710061)

Design of Induction Heating Equipment (2)

Tang Jingming

(3) 各种感应熔炼(保温)炉的特点、对比、分析和选型

如表3所示,感应电热设备主要分熔炼和加热两大类。熔炼炉基本上形成系列产品,已标准化。感应熔炼炉有以下优点:

a. 功率密度高,可达到高的熔化率,以铸铁(钢)为例,工频炉一般为200~500 kW/t,中频炉可达500~1 000 kW/t。

b. 熔液在电磁力作用下自行搅拌,所以其温度和成分均匀,合金成分好。

c. 氧化烧损小。

d. 自动化过程简单,易于操作。

e. 功率控制和温度控制好。

f. 工作环境好。

下面根据使用要求作几个对比分析:

①有心炉与无心炉对比

a. 从电热效率上看,有心炉由于有闭合的磁路,且导磁体穿过线圈,故有高的电效率;又由于作为热源的感应体与熔池部分的炉体分开,故可加厚熔池的保温层,提高热效率,其总效率可高达80%~90%,比无心炉大约高15%。

b. 有心炉由于磁路闭合,自然功率因数较高,需要的补偿电容量大大降低,价格一般仅为相当的无心炉的2/3左右。

c. 从操作和使用维护看,无心炉比较简便。炉衬的砌筑、烘烤和炉子起动都比较简单。有心炉的熔沟则需缓缓烘烤,慢慢起熔,极易因断沟而使起熔失败。有心炉开炉后一般不能停电,停炉时需要保留起熔体,并送电保温。由于有心炉熔液不许倒空,所以改变金属品种非常困难。

d. 无心炉搅拌力强,熔质均匀,温度均匀性好;有心炉的电磁力产生于熔沟中,对熔池金属搅拌差,且沟中熔液易发生过温。

e. 适用范围 综合以上分析可知,无心炉适用于中小容量的黑色和有色金属的熔炼和保温,且以熔炼为主,保温为辅;同时能适应供电保证性稍差和熔炼品种多变的场合。有心炉一般多用于大中型容量的炉子,作为黑色金属的保温和有色金属的熔炼、保温,且宜于不停电或少停电以及品种单一、生产连续的场合。

②不同频率无心炉的对比

a. 电磁力与电流频率的平方根成反比,因此频率越低搅拌力越大,从抑制驼峰来看,以频率高些为宜;因此,在同样的电磁力下,频率高可输出更大的单位功率。

b. 从温度和合金成分均匀性考虑,采用较低频率以获得较大搅拌力为好。

c. 从提高炉衬寿命看,也是搅拌力小为佳,以减少对炉衬的冲刷和蚀损,故希望频率取高一些。

d. 中频,尤其是高频,由于采用特殊的变频电源,其产生的谐波会对供电系统造成污染。其发射的电磁波也会在空间对无线电波产生干扰,必须增加投资设法消除,这是高、中频无心炉不利的一点。

e. 频率高、磁场强,易于产生局部涡流引起壳体、框架等金属构件发热,也是高中频炉子的弱点,增加技术复杂性,设计中要设法消除。

f. 适用范围 从容量上看,炉容与频率成反比趋势,工频炉容量多在0.75 t以上,中频多大于0.15 t,而高频炉可小到1 kg以下。从熔炼金属品种看,工频炉多用于铸铁,也用于钢和有色金属,中频炉多用于炼合金钢,也可

(收稿:1996-11-25)

用于铸铁、有色金属等，而高频炉则多用于某些特殊合金，稀有金属和贵金属等。

③几种保温炉的对比

目前常用的保温炉为有心炉、长线圈无心炉、短线圈无心炉3种。除上述分析的有心炉与无心炉优缺点外，此处补述一下短线圈炉。这是一种介于前两者之间的保温炉。既具有无心炉使用灵活等优点(线圈只占坩埚下部1/3~1/4高度，上部炉衬可以加厚保温层以提高其热效率)，又相当于有心炉的熔池部分。从以下4方面对比看，短线圈炉均处于另两者之间。

炉种	炉容	投资额	搅拌性	能耗
有心炉	大	低	弱	低
短线圈炉	中	中	中	中
长线圈炉	小	高	强	高

④感应熔炼(保温)炉的选型 综合上述各点，对量大面广的几种非真空熔炼(保温)炉可参照表6选用。

表6 非真空感应熔炼炉的选用

比较项	中频无心炉	工频感应无心炉		工频导电坩埚炉	有心炉
		长线圈	短线圈		
熔炼金属	1	2	—	—	10
炉子容量(kg)	1	1	10	—	6
作业方式	1	1	10	10	1
熔炼或保温	1	2	10	1	2
主要经济指标	2	1	1	—	1
冶金效果	1	2	2	4	2
	1	6	10	2	6
	2	—	—	2	—
	3	2	1	2	1
	1	2	2	2	5
	1	2	5	2	4
	2	3	1	4	1
	2	3	2	2	1
	4	4	2	2	1
	1	1	2	1	3
	2	1	2	3	3

* 1. 比较项中数字小者为佳；选型时要综合考虑各比较项，将各项数字相加，总和数值小者优先选用。2. 比较项中“—”号者为不宜选用。

(4) 感应加热炉的选用

① 感应加热炉的主要优点

a. 节省能源，一般燃料炉的效率为5%~40%，而感应加热可达60%~70%。

b. 可实现少、无氧化加热。以碳钢为例，燃料炉烧损量为2%~3%，而感应加热下降到0.05%~0.1%。这除可节省材料外，且可延长模具寿命，提高锻件精度和改善内在质量。

c. 易于实现机械化、自动化操作，工艺重复性好。

d. 设备体积小，占地面积少，方便于设置在生产线(自动线或流水线)上使用。

e. 无高温、少污染、劳动强度小，工作环境好。

② 感应加热炉的选用 感应加热炉可用于压力加工前的加热，如锻造、挤压、轧制等和一些热处理加热以及其他一些场合的加热。由于被加热材质、形状和工艺要求的多变，所以多为非标设备，一般均要先弄清楚工艺条件，技术要求、成套范围等，才好拟定初步技术方案，核算产品价格，为此要确定以下各项：

a. 炉料的材质和规格尺寸，并根据生产实际定出代表品种，作为设计和验收的依据。一般以产量最大者作为代表品种。

b. 工艺参数，如生产率或加热节拍，加热温度和温度分布(径向温差和轴向温度分布)，淬火区和淬硬层深度等。

c. 技术要求，如产品成套范围，机械化、自动化水平，测温方式等。

d. 现场条件，如电、水、气等能源条件，与主机关系以及场地布置要求等。

根据以上各项要求，确定加热炉的功率和频率，选定电源，制订炉子方案。

1.3 感应电热设备的成套

感应电热设备是一种多学科、配套复杂的产品，从专业上看，包括了电工学、电子学、热工学、冶金学和电磁场理论、机械制造专业以及耐火材料和流体力学等。产品成套一般分为机械和电气两大部分。

机械部分主要包括炉体、机械传动和水冷却系统等。

炉体由炉壳, 炉盖, 感应线圈, 导磁体, 炉衬等组成; 机械传动可以采用液压、气动或电机传动等方式, 实现炉体倾转或上下炉料, 炉盖启闭和其他操作; 水冷系统有开放式和闭环式两种, 并有水压、水温保护。

电气部分含电源和电控。

电源分工频电源和变频电源。工频电源是以“三大件”即电源变压器, 补偿和平衡电容器以及平衡电抗器为主的常规工频供电线路。变频电源有中频、超音频、高频和超高频等不同频段。中频电源由机组式过渡到晶闸管变频式, 现正在开发 IGBT 中频和超音频新型电源。高频则以 SIT 管取代电子管, 也已形成系列产品。

电控线路则由过去的继电器线路过渡到 PLC 程序控制器, 要求更高时则可采用微电脑实现工况的监控。

感应电热设备的主回路示于图 3。

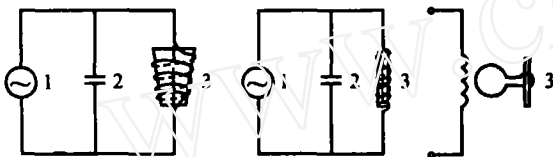


图 3 感应电热设备主回路示意图

1. 电源 2. 补偿电容器组 3. 熔炼炉 (加热炉等)

1.4 现行的感应电热设备标准

- (1) GB 10067.3—88 电热设备基本技术条件“感应电热设备”
- (2) ZBK 61002—90 工频无心感应熔铁(钢)炉和铁保温炉
- (3) ZBK 61001—90 工频无心感应熔铜炉
- (4) ZBK 61003—90 工频无心感应熔铝炉
- (5) GB 10066.2—88 电热设备的试验方法 有心感应炉
- (6) GB 10066.3—88 电热设备的试验方法 无心感应炉
- (7) GB 5959.3—88 电热设备的安全 对感应和导电加热设备及感应熔炼设备的特殊要求
- (8) JB 4086—85 中频感应加热用电控设备技术条件
- (9) JB/T4280—93 中频无心感应炉
- (10) ZBK 46001—87 感应加热用半导

体变频装置

- (11) JB 5267—91 真空管式高频感应加热电源装置
- (12) JB 5778—91 高频感应加热电源装置输出功率测量方法
- (13) JB 3924—85 中频感应加热装置用变压器
- (14) JB/DQ 5074—82 工频无心感应炉 感应器工艺守则
- (15) JB/DQ 5072—82 中频无心感应炉 感应器工艺守则

— 待续 —

(上接第 46 页)

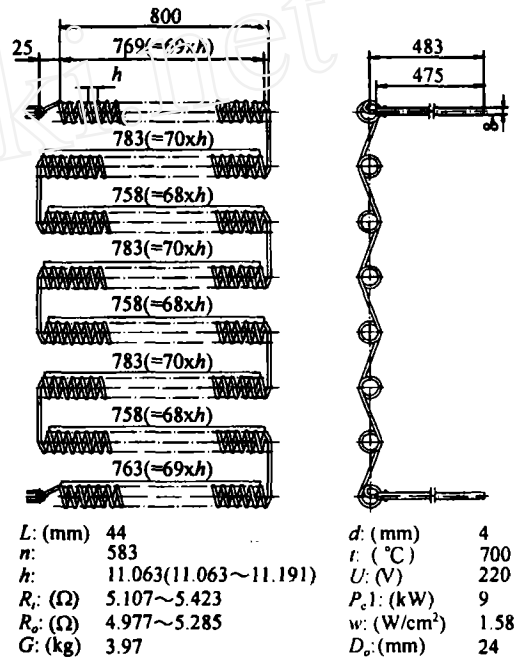


图 7 非标台车炉 (额定功率 80 kW、额定温度 700 °C) 炉门上加热体图

6 结 语

本程序编制采用了较多的默认值并利用了屏幕的显示功能, 使设计者从冗繁的工作中解脱出来。

默认值的设置既便于进行一般的或非标的电炉设计, 更便于进行系列化设计, 如低温井式炉、铝棒加热炉等系列产品的的设计。