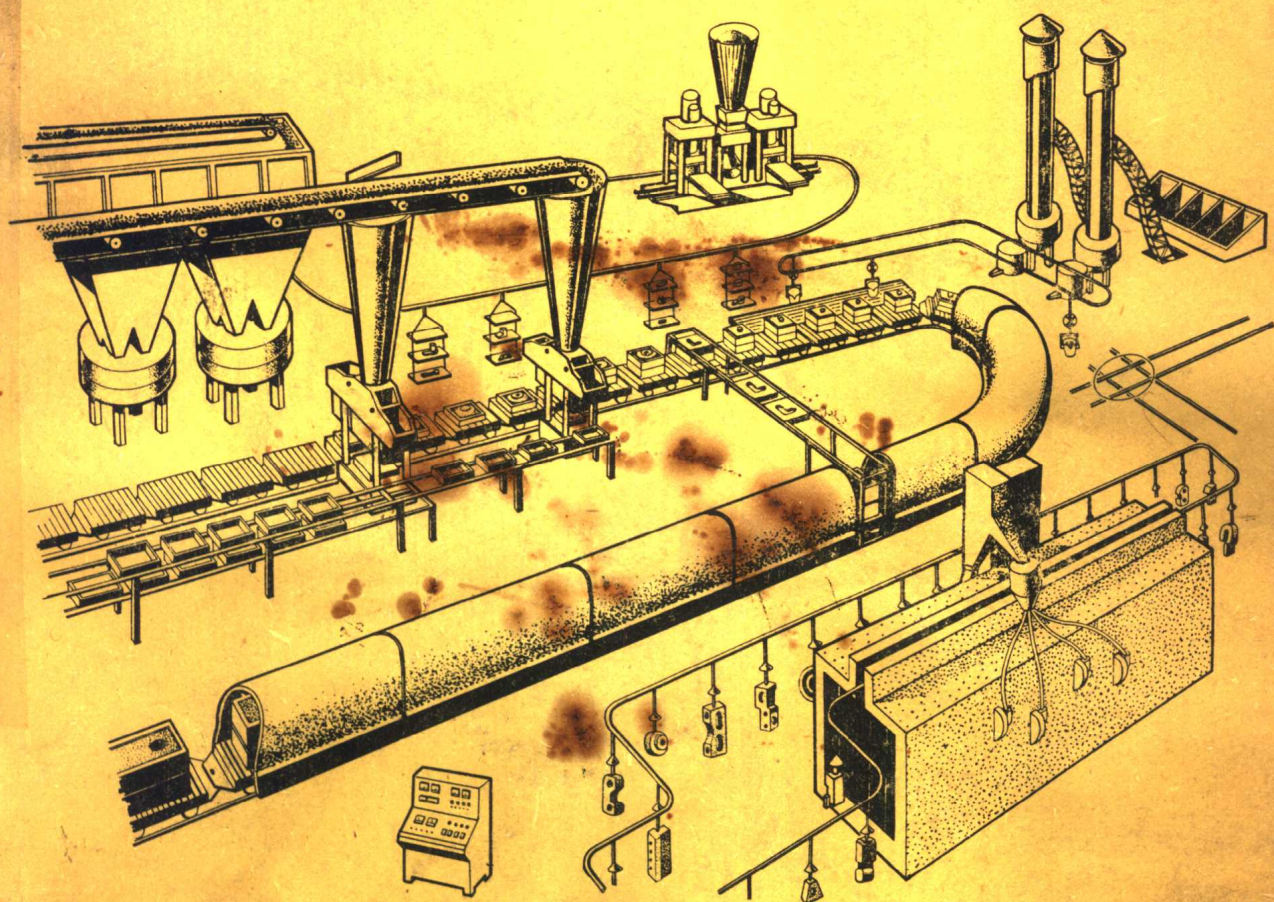


铸造车间机械化

低压铸造机

上海市机电设计院主编 上海市机械制造工艺研究所编



机械工业出版社

铸造车间机械化

第五篇 第二章

低压铸造机

上海市机电设计院主编

上海市机械制造工艺研究所编



机械工业出版社

本书介绍我国现有的各种典型低压铸造机,以供读者在选择方案和设计低压铸造机时,能充分结合车间特点和生产条件来进行。本书共分“炉子”、“液面加压控制系统”和“金属型开合型机构”三个独立的章节。其中第二节“液面加压控制系统”是本书的核心部分。考虑中小型铸造车间在选择“液面加压控制系统”各类型时的方便,书内列表作了比较。

铸 造 车 间 机 械 化

第五篇 第二章

低 压 铸 造 机

上海市机电设计院主编

上海市机械制造工艺研究所编

*

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·新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张5 3/4·字数136千字

1979年7月江苏第一版·1979年7月江苏第一次印刷

印数 00,001—24,000 定价 0.50 元

*

统一书号: 15033·4567

目 次

第二章 低压铸造机	5-2-1
概述	5-2-1
第一节 炉子	5-2-2
一、火焰炉	5-2-2
(一)焦炭炉	5-2-2
(二)油炉	5-2-2
(三)煤气炉	5-2-3
二、电阻炉	5-2-3
(一)炉体	5-2-3
(二)炉子功率	5-2-4
(三)电阻丝	5-2-6
(四)坩埚	5-2-8
三、感应电炉	5-2-11
(一)铁坩埚工频无芯感应电炉	5-2-11
(二)可控硅中频感应电炉	5-2-19
四、保温炉的密封系统	5-2-20
(一)密封盖	5-2-20
(二)升液管	5-2-23
(三)热电偶与加热器	5-2-26
第二节 液面加压控制系统	5-2-28
一、针形阀-截流阀式手动液面加压控制系统	5-2-32
二、针形阀-电磁阀式半自动液面加压控制系统	5-2-34
三、DKF-1 型液面加压控制系统	5-2-41
(一)活塞式 DKF-1 型	5-2-43
(二)薄膜-活塞式 DKF-1 型	5-2-45
(三)波纹管式 DKF-1 型	5-2-46
四、随动式液面加压控制系统	5-2-49
五、气动调节元件	5-2-51
(一)简易电磁阀	5-2-51
(二)积分针阀	5-2-55
(三)比例针阀	5-2-56
(四)比例积分调节器	5-2-56
(五)恒差继电器	5-2-59
第三节 金属型开合型机构	5-2-60
一、开合型机构动力源	5-2-61
(一)手动开合型机构	5-2-61
(二)机械传动开合型机构	5-2-61

IV

(三)气动开合型机构	5-2-63
(四)液压开合型机构	5-2-63
(五)液压控制系统	5-2-67
二、机身与炉体的配合	5-2-68
(一)活动式机架	5-2-69
(二)固定式机架	5-2-83

第二章 低压铸造机

概 述

低压铸造工艺具有上马快、投资小、铸件质量好、金属利用率高、容易实现机械化和自动化等优点。所以,虽然该工艺在我国应用的历史还不长,却已在各个行业中得到普遍使用。

由于我国还未制订低压铸造机的系列,采用该工艺的单位还只能根据各自的产品特点和生产需要自行设计制造机器,致使我国目前出现了类型众多的低压铸造机。虽然其中也出现了一些具有相当水平的机器,且采用了例如液压、射流、程控、机械手等先进技术,但由于产品的局限性,使这些适用于单一产品的设备在不同程度上暴露出一定的缺点。所以大家越来越感到迫切需要制订低压铸造机的系列。本章就我国目前低压铸造机的几种典型机器作一简略的介绍,并加以分析比较,为今后制订我国低压铸造机系列提供一定的依据;同时也为我国中小型铸造车间在设计和制造低压铸造机时,作为分析和选择的参考。

我国目前的低压铸造工艺除少数单位用来浇注镁合金、铜合金以及球墨铸铁和钢等外,普遍的是用于浇注铝合金(连续式),故本章的编写,是以铝合金低压铸造机为主来进行介绍的。

低压铸造机的结构比较简单,主要由三个可以完全独立的部分组成(见图5-2-1):

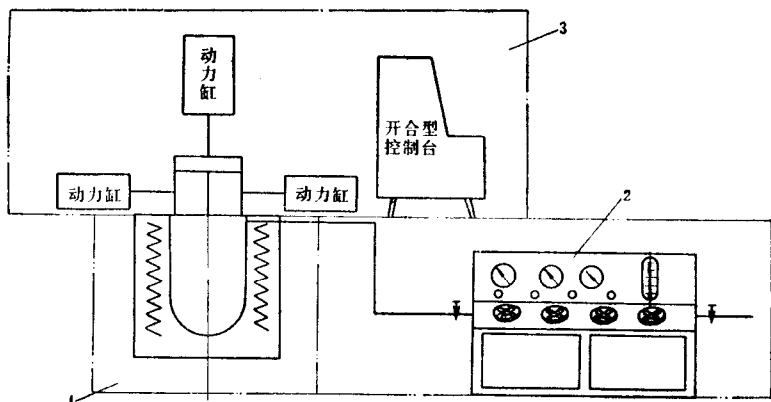


图 5-2-1 低压铸造机总体示意图

1—保温炉 2—液面加压控制系统 3—开合型控制系统

(一)保温炉

保温炉是铝合金低压铸造工艺必不可少的设备,它的主要作用是保证铝合金液能在规定的温度范围内进行浇注,以保证得到质量良好的铸件。在连续生产过程中,要求保温炉能在整个浇注过程中,始终正确地控制铝合金液的温度浇注范围。

(二)液面加压控制系统

液面加压控制系统是实现铝合金液充型和结晶凝固的主要设备,是整个低压铸造机的核心部分,该控制系统在保证合金质量和铸型工艺的前提下,将直接影响铸件质量的优劣。

(三) 金属型开合模机构

该机构主要用在金属型低压铸造中(砂型低压铸造中可不用该机构),它的结构需随铸型工艺、铸件结构和生产特点等情况来决定,但在设计制造开合模机构时,应尽量考虑实现在一定使用范围内的通用性。

上述三个部分基本上可视为三个完全独立的部分,将其三部分组合起来,便成为一部完整的低压铸造机。

第一节 炉 子

低压铸造中的保温炉主要是控制铝合金液在浇注过程中的温度范围不致严重波动,从而使浇注工艺稳定,以得到质量良好的铸件。

因此,保温炉与铝合金的熔炼炉有着不同的要求。但在目前生产实际中,各单位根据各自的生产特点和具体情况,有的将保温炉和铝合金的熔炼分别在两个炉子中进行,也有的单位使铝合金熔炼和低压铸造时的保温浇注在同一个炉子内进行,这两种方法目前采用得都十分普遍,有不同的使用场合和各有利弊。前者需要将精炼完的标准铝合金液从一个炉子倾倒入另一个炉子,由于倾倒入铝合金液过程中流股与空气的接触机会增多,从而增加了铝合金液氧化和吸气的机会,在一定程度上降低了铝合金的熔炼质量。而后者在一坩铝合金液浇注完且需继续浇注时,只能停止生产来熔炼铝合金,无法适应提高生产率的需要。

为了综合介绍铝合金低压铸造中的熔炼炉和保温炉,下面对常见的炉子作一简略介绍。

一、火焰 炉

火焰炉是利用各种燃料燃烧发热来熔化铝合金的炉子,由于这类炉子在燃烧过程中热惯性大,使铝合金液的温度波动范围较大。因此,它很难正确控制铝合金液的浇注温度范围,所以,火焰炉不宜作为低压铸造中的保温炉来使用。但由于火焰炉结构简单、制造和维修方便、燃料来源广,且熔化效率高,故铸铝车间中常将它作为熔炼炉来使用。

常用的火焰炉有如下几种形式:

(一) 焦炭炉

焦炭炉是用焦炭作为燃料,它的发热值较大(约 6350~6500 千卡/公斤),因此熔化率也较高,但焦炭燃烧喷射出的火焰,恶化车间工作环境和劳动条件。

焦炭炉通常采用石墨坩埚,避免了由于采用铁坩埚而使铝合金液中渗入铁质而降低机械性能的影响。但使用这种炉子,由于燃烧火焰与铝合金直接接触,使铝合金在强氧化性气氛中熔化,增加了铝合金液的氧化和吸气可能。因此,应尽量采取措施(如用反射炉结构),减少火焰与铝合金直接接触的机会。以缩小火焰对合金质量的影响。

(二) 油炉

油炉主要指用重油作为燃料的炉子,与焦炭燃料相比较,它的主要优点是:

1. 燃烧完全,且燃烧后几乎无灰分;
2. 发热值高,约为 7400~8800 千卡/公斤;
3. 容易储藏,占地面积小,且运输方便。

目前这种炉子用得较多,它除了燃料价格比焦炭较贵的缺点外,其操作条件要比焦炭炉良

好。采用油炉时,需通过喷嘴将油雾化,以便与空气按比例混合,达到完全燃烧。因此,从结构上讲,油炉要比焦炭炉稍复杂一些。

(三) 煤气炉

与焦炭炉和油炉相比较,煤气炉的主要优点是:

1. 用最少的过剩空气与煤气混合,仍可使煤气完全燃烧,因而能减少由于废气逸出而引起的物理热损失;

2. 若将空气和煤气同时预热,可获得很高的燃烧温度;

3. 便于调节炉内温度及火焰长短,因而容易控制煤气的消耗量;

4. 无灰分,不需排除灰渣的设备,操作时的劳动条件也可改善;

5. 比较经济。

采用煤气炉需要有煤气发生炉来制造煤气,所以它目前主要用于具有煤气发生炉的大型工厂、我国有城市煤气供应站或具有天然气的地方。

与油炉一样,为了使煤气与空气充分混合,并使煤气能具有充分的燃烧条件,以得到合理的燃烧效果,也同样要求采用合理结构的煤气喷嘴。这样就使炉子结构稍为复杂。

二、电 阻 炉

电阻炉是利用电流通过电阻丝发热体来加热(熔化)铝合金的炉子,它的结构如图5-2-2所示,这种炉子比起火焰炉来,其主要优点为:

1. 合金不与炉气直接接触,使合金质量相应提高;

2. 合金液温度可通过热电偶和电器元件自动控制,且操作方便,保温效果良好;

3. 劳动条件好,炉子周围环境温度低,改善了车间劳动条件;

4. 坩埚不受火焰冲击,相对提高了坩埚寿命。

由于上述优点,加上它制造方便,因此虽然它比火焰炉造价略高一些,但已在我国低压铸造中作为最普遍的保温炉,甚至许多单位也将它作为熔炼炉使用(但熔炼速度较慢)。

为了给自行设计制造低压铸造熔炼炉和保温炉的单位提供一定设计依据,下面对这种炉子的设计步骤和要点作一简单介绍。

(一) 炉体

用作低压铸造保温炉的电阻炉,与一般电阻炉的结构基本相同(见图5-2-2),只是在考虑炉体需要承受开合模机构重量或较大外来负荷的使用条件下,需要对炉壳采取一定的加固措施,防止炉壳的变形,从而提高炉子的使用寿命。图5-2-3就是经过加固措施后的电炉炉壳,它是利用六根焊接在炉壳上的角铁柱,与炉底相连,使坩埚搁板上所承受的全部重力和外来负荷,通过角铁柱传到炉底对应的槽钢上,从而避免了炉壳的直接受力,防止了炉壳的变形,同时也使炉体内的耐火砖和保温砖处于不受力状态,达到了提高炉子寿命的目的。

电阻炉炉体尺寸的确定需根据坩埚的容积、形状和保温层厚度的大小来确定。自行设计制造电阻炉的坩埚直径和高度,一般由车间根据具体生产情况和特点来决定。而保温炉炉墙

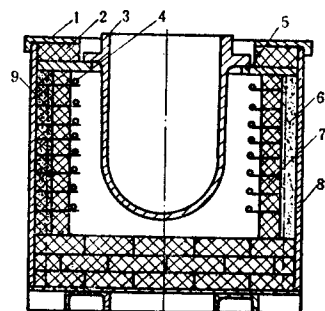


图 5-2-2 电阻炉结构图

1—炉盖板 2—保温砖 3—坩埚
4—电阻丝 5—坩埚搁板 6—保温粉 7—耐火砖 8—炉壳 9—保温砖(硅藻砖)

厚度的大小是减少电阻炉热损失的重要因素,需根据炉膛温度要求和炉墙材料进行详细的计算(可参照有关电阻炉设计资料,本文从略),据一般经验,铝合金熔炼炉和保温炉的炉墙厚度

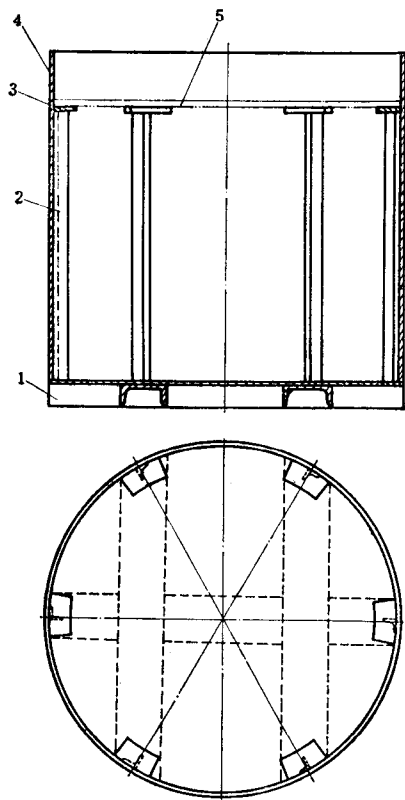


图 5-2-3 炉壳的加固措施

1—槽钢(应分布在角铁柱作用点下) 2—角铁柱
(共 6 根,等分焊在炉壳上) 3—支撑板(共 6 块与
炉壳和角铁柱焊牢,并使各支撑板处于同一平面上)
4—炉壳 5—坩埚搁板

为 345 毫米即可(其中耐火砖为 115 毫米,保温砖为 230 毫米),图 5-2-4 为炉墙结构示意图,炉中电阻丝 2 是放在搁砖 3 上的,搁砖 3 与坩埚 1 的外壁不宜离得太近,因低压铸造的坩埚在高温气压的作用下,容易产生“鼓肚”现象,为了防止需要更换的坩埚无法从炉中取出;同时也为了防止坩埚高温氧化的氧化皮脱落掉到电阻丝上,产生“搭桥”而短路,坩埚外壁与搁砖距离以 ≤ 60 毫米为宜,当然,距离太远,会增加热耗,降低炉子热效率。

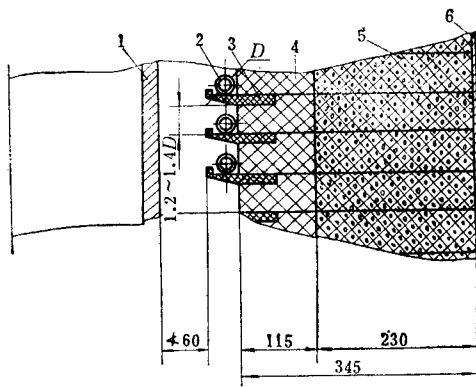


图 5-2-4 炉墙结构示意图

1—坩埚 2—电阻丝 3—搁砖
4—耐火砖 5—保温砖(硅藻砖)
6—炉壳

(二) 炉子功率

低压铸造中的电阻炉,根据熔炼和保温的不同要求,对炉子功率的确定也有所不同。

1. 熔炼炉功率的确定

为了使炉子得到较快的升温速度及高的生产能力,要考虑较大的功率储备系数,其功率 $P_{\text{熔}}$ 的计算方法为:

$$P_{\text{熔}} = \frac{Q_{\text{总}} \cdot K_1}{860 \cdot K_2} \quad (\text{千瓦}) \quad (1)$$

式中 $P_{\text{熔}}$ ——炉子总功率(千瓦);

K_1 ——功率储备系数(1.1~1.5);

K_2 ——电压降系数,当电器线路中电压降为 10% 时, $K_2 = 0.9^2 = 0.81$ (炉子功率与电压平方成正比);

860——电流的热当量(千卡/千瓦·小时);

$Q_{\text{总}}$ ——电炉总的热消耗(千卡/小时)。

由于式(1)中的热消耗 $Q_{\text{总}}$ 要根据炉子的热平衡来计算, 涉及铝合金的热容量、坩埚热容量、炉墙热损失等复杂的数据, 计算起来十分麻烦, 我们可根据图 5-2-5 中的单位容积功率 (P' 千瓦/米³) 来粗略地确定, 即将式(1)化为:

$$P_{\text{熔}} = \frac{P'V}{K_2} \text{ (千瓦)} \quad (2)$$

式中 $P_{\text{熔}}$ ——熔炼炉总功率(千瓦);
 P' ——单位容积功率(千瓦/米³), 可查图 5-2-5;
 V ——炉膛容积(米³);
 K_2 ——电压降系数(见式 1)。

2. 保温炉功率的确定

低压铸造保温炉不担负铝合金熔炼的操作, 它仅要求保持铝合金液在浇注过程中能稳定在某一温度范围, 一般为 700~780°C, 因此, 它在考虑炉子总功率时, 不用考虑较大的功率储备系数, 所以保温炉的总功率可按式(3)来计算:

$$P_{\text{保}} = \frac{P_{\text{熔}}}{K_1} \text{ (千瓦)} \quad (3)$$

式中 $P_{\text{保}}$ ——保温炉总功率(千瓦);
 $P_{\text{熔}}$ ——熔炼炉总功率(千瓦)(见式 2);
 K_1 ——功率储备系数(1.1~1.5)。

3. 电阻炉的相数和接线方法

电阻炉功率小者(5 千瓦以下), 可使用单相 220 伏。在 10 千瓦时, 可用单相 220 伏或单相 380 伏。对于温度较低的电阻炉, 也可设计成三相 380 伏。大于 10 千瓦的电阻炉, 一般均使用三相 380 伏。一组电阻丝的功率最好是 15~20 千瓦, 不应超过 50 千瓦。

在考虑电阻丝接线方式时, 不同的接法可以得到不同的功率, 如在单相电炉中, 把两个同样的电阻并联换成串联, 就能把功率减小 3/4。如果把电阻丝分成大小不同而数目较多的电阻, 则能便于均匀调整功率, 因此, 应尽可能将电阻丝独立成多组的电热体设置在炉内。在三相电炉中, 如果有三个同样的电阻, 当把它们从三角形接法改成星形接法时, 就能将炉子的功率减少 2/3。如采用多组电阻丝设置在炉内, 就更加容易均匀地调整功率。

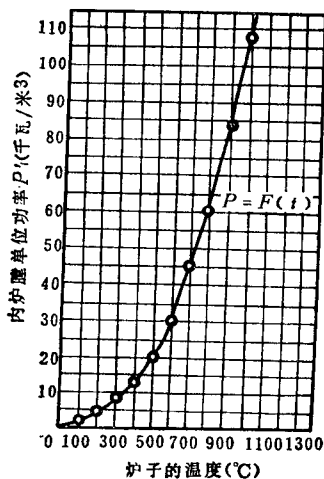


图 5-2-5 单位容积与温度-功率关系曲线

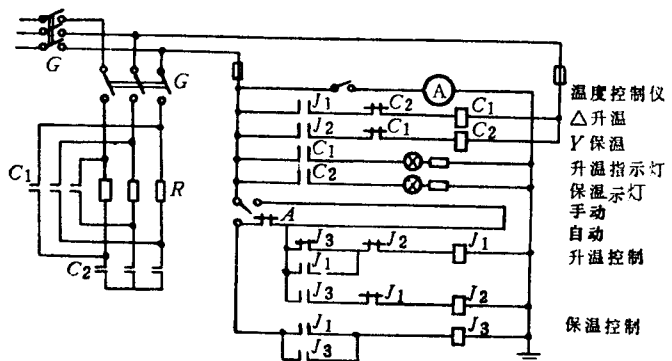


图 5-2-6 由三角形接法自动换向成星形接法的电器线路

在低压铸造中如熔炼和保温浇注是在同一炉内进行的,则希望熔炼时电炉功率能大些,以得到较高的熔炼速度。而保温浇注时,只需在低功率的情况下保温即可。因此,可依靠电器自动换向来实现二个不同阶段的不同功率。图 5-2-6 就是这种电器线路接线图举例。

当合金熔炼升温时:由于中间继电器 J_1 通电,使 J_1 的长闭触点闭合,接触器 C_1 也通电,从而使控制柜中的接触器 C_1 长闭触点也闭合,这就实现了三组电阻丝(R)成为三角形接法。

当合金液在保温阶段时:合金液已达到了所需温度值,温度控制仪 A 发出信号,使常闭触点 A 断开,中间继电器 J_1 成无电状态, J_1 常闭触点也恢复断开状态,原来呈三角形接法的电阻丝 R 也就失去了作用。

当炉内温度因断电而下降时,由于温度控制仪 A 的作用,又使常闭触点 A 恢复闭合,并使中间继电器 J_2 通电,带动常开触点 J_2 闭合,使接触器 C_2 带动控制柜中的常开触点 C_2 也闭合,这就是三组电阻丝 R 成星形接法通电加热,在低功率下起保温作用(由于接触器 C_2 的带电,使接触器 C_1 的常闭触点 C_2 呈断路,这时接触器 C_1 总是呈无电状态,控制柜中的 C_1 也总是呈开路,所以炉子恢复到给定温度后,电阻丝不会再呈三角形接法。除非在特殊情况下,利用手动控制,重新切断整个系统,使接触器 C_2 断电,再使转换开关推到手动位置,才能使电阻丝恢复三角形接法)。

在使用上述电器线路时,应考虑到线路改用星形接法后的绝对功率值能否起到保温作用,如果采用星形接法后电炉绝对功率值小于式(3)的计算值时,就不宜采用上述线路图。

(三)电阻丝

铝合金熔炼炉的炉膛温度一般都不太高,所以通常采用铁-铬-铝电阻丝就能满足要求,常用的铁-铬-铝电阻丝成分和物理性能可见表 5-2-1 和表 5-2-2。

表 5-2-1 常用铁-铬-铝电阻丝成分

铁-铬-铝(牌号)	主 要 成 分 (%)			
	铬	铝	钼	铁
铬 13 铝 4	12~15	3.5~5.5		余 量
0 铬 25 铝 5	23~27	4.5~6.5		余 量
0 铬 27 铝 7 钼 2	26.5~27.8	6~7	1.8~2.2	余 量

表 5-2-2 常用铁-铬-铝电阻丝物理性能

物 理 性 能	铁-铬-铝(牌号)		
	铬 13 铝 4	0 铬 25 铝 5	0 铬 27 铝 7 钼 2
20°C 时比电阻(欧姆·毫米 ² /米)	1.26±0.08	1.40±0.10	1.5±0.1
电阻温度系数×10 ⁻⁵ /°C	15	5	-0.65
电阻丝最高工作温度(°C)	1000	1250	1400
快速寿命试验	在1000°C>80小时	在1250°C>80小时	
延伸率(%)	>15	12	>12
比重(克/厘米 ³)	7.4	7.1	7.1

铝合金熔炼炉采用的电阻丝截面形状一般是圆形的, 对电阻丝的设计大致可按如下步骤进行。

1. 确定电阻丝的表面负荷 W

电阻丝的表面负荷 (W) 决定了加热时的温升及使用可靠性, 设计时一般不应超过表 5-2-3 中数值。

表 5-2-3 电阻丝表面负荷与电炉温度关系

电炉温度(°C)	400	600	800	1000
表面负荷(瓦/厘米 ²)	2~3	1.5~2.5	1~2	0.5~1

电阻炉直径越大, 散热条件越好, 则表面负荷尽量取上限, 反之亦反, 铝合金熔炼炉一般可取 $W=1$ 。

2. 确定电阻丝的直径 d

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \times 10^3 \times \rho_t \times p^2}{\pi^2 \cdot U^2 \cdot W}} \text{ (毫米)} \quad (4)$$

式中 d ——电阻丝直径(毫米);

ρ_t ——电阻丝在加热到所需 $t^\circ\text{C}$ 时的比电阻(欧姆·毫米²/米), 不同电阻丝材料的比电阻亦不同, 它可按式(5-2-5)进行计算:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t) \text{ (欧姆·毫米}^2\text{/米)} \quad (5)$$

式中 ρ_0 ——电阻丝在室温为 20°C 时的比电阻(欧姆·毫米²/米); (可参见表 5-2-3)

α ——电阻温度系数 $1/^\circ\text{C}$ (见表 5-2-3);

t ——电阻丝所需加热的最高温度 $^\circ\text{C}$;

p ——每相功率(千瓦);

U ——相电压(伏);

W ——电阻丝表面负荷(瓦/厘米²)。

3. 确定电阻丝长度 L

根据每一相分配的功率, 每一相电阻丝的总长度可根据式(6)来计算:

$$l = \frac{U^2 \cdot f}{10^3 \cdot p \cdot \rho_t} \text{ (米)} \quad (6)$$

式中 l ——每一相电阻丝的总长度(米);

U ——每一相的端电压(伏);

p ——每一相所承担的功率(千瓦);

ρ_t ——电阻丝比电阻(欧姆·毫米²/米)见式(5);

f ——电阻丝截面积(毫米²)。铝合金熔炼炉炉膛温度一般为 $800 \sim 1000^\circ\text{C}$, 电阻丝直径不宜小于 4 毫米。

为每一相电阻丝所需的长度, 如果是三相电炉, 则它所需的电阻丝总长度为计算值的三倍。

4. 电阻丝的结构

电阻丝放在炉子中需绕制成螺旋形结构, 然后盘放在炉体的搁砖上, 螺旋形电阻丝的螺距

不宜太小,以防在高温下电阻丝因蠕变而局部歪倒,致使螺距消失,使电阻丝总长度也发生变化,影响电炉功率值。一般电阻丝螺距控制在 $h \geq 2d$ 为宜(见图 5-2-7)。

(四) 坩埚

1. 形状

电阻丝炉中用于熔炼铝合金的铁质坩埚形状并无特别之处,只需把坩埚底部制成球状,使清理时方便即可(如图 5-2-8 所示)。

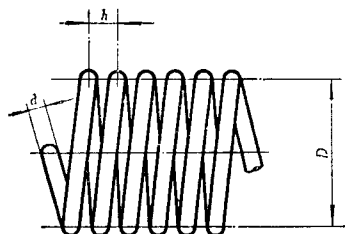


图 5-2-7 电阻丝结构图

$$h \geq 2d \quad D = (4 \sim 6)d$$

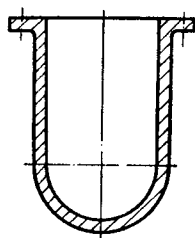


图 5-2-8 电阻熔炼炉坩埚

低压铸造保温炉中使用的铁质坩埚,工作时要承受一定的外来载荷和气体压力,故希望坩埚能有一定的实体强度。为此,坩埚壁厚不宜过小。另外,坩埚端面需要与密封盖密封,故要求端面进行加工。对低压浇注时进气口在坩埚上的结构,可将进(出)气管铸在坩埚内(见图 5-2-9)。为了装配密封盖方便,也可如图 5-2-9 那样沿坩埚法兰四周分布 4 只“耳朵”,以供紧固连接时使用。

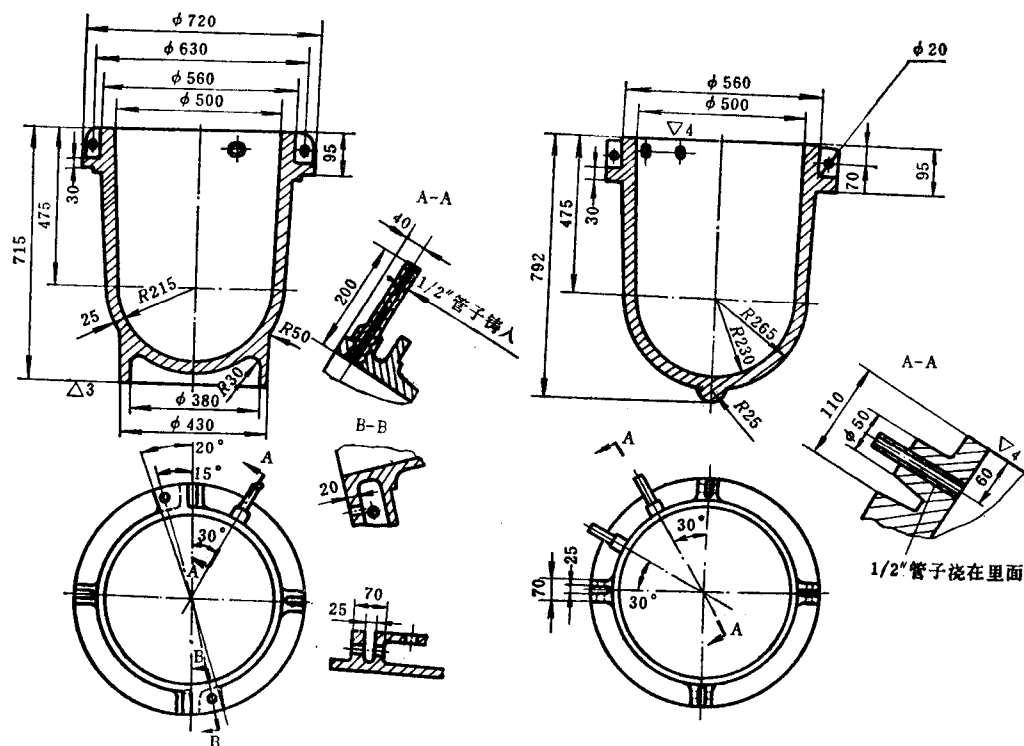


图 5-2-9 保温炉坩埚

在要求连续生产,而坩埚容量又较小的情况下,可采用如图 5-2-10 那样带有加料口的坩埚,工作时,可将加料口密封,当一坩铝液浇完后,可打开加料口的密封盖,从加料口中倾注由其它炉子熔炼好的铝合金液,然后再盖上加料口密封盖使其密封,便可继续进行浇注。

2. 材料

铝合金低压铸造用的铁质坩埚,需要在高温条件下承受一定的气压^①,因此要求坩埚材料具有一定的耐热性能和高温强度,对电阻炉中使用的铁质坩埚来说,还要求具有一定的抗高温氧化和抗生长性能。因此,应尽量选择耐热铸铁来作为坩埚的材料,考虑到各种耐热铸铁的铸造工艺和机械加工的方便,建议选择表 5-2-4 中的材料作为熔铝铁质坩埚的材料。

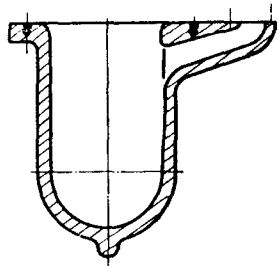


图 5-2-10 带有加料口的坩埚

表 5-2-4 铁质坩埚材料推荐

序号	名称	化 学 成 分 %									备 注
		C	Si	Mn	P	S	Fe	Al	Cr	Ni	
1	中硅球铁	2.4~3.0	5.0~6.0	<0.7	<0.2	<0.03	余量				RQTSi 5.5
2	中硅铸铁	2.2~3.0	5.5~6.0	<1.0	<0.2	<0.12	#		0.5~0.9		RTSi 5.5
3	高铬铸铁	2.0~2.8	1.4~1.8	0.6~1.0	<0.1	<0.12	#		14~17		
4	合金铸铁	2.5~3.5	1.5~2.0	0.6~0.8	<0.25	<0.1	#	7~8	0.5~0.55	0.27~0.37	

而在实际生产中,考虑到一般铸铁 (HT15-33; HT20-40; HT25-47) 容易解决,所以不少单位也有用一般铸铁来做坩埚材料的,但一般铸铁的耐热性和高温强度较上述材料差,所以相对寿命也略低。

但不管采用何种材料作为铁质坩埚,都需要采取防止铁质渗入铝液和延长坩埚使用寿命的措施,一般的方法是在铁质坩埚内壁喷涂涂料,防止铝液与坩埚的直接接触。现在各单位使用的涂料配方和工艺很多,其效果也各有所异,但对涂料必需要求:

- (1) 在高温下耐腐蚀性能好,与坩埚的粘合力好;
- (2) 涂料不能给铝合金带来有害作用;
- (3) 容易清理,喷涂操作越方便越好。

目前常见的涂料配方和工艺可见表 5-2-5,但不管采用何种配方,在喷涂涂料以前必须将坩埚内壁清理干净,否则会造成涂料剥落而失去效果。

3. 延长坩埚使用寿命措施

(1) 坩埚外表面喷铝扩散处理

1) 原理: 该法属化学热处理,在坩埚外表面先喷涂铝层,经高温扩散后,使铝扩散到坩埚表面形成铝铁合金,在高温的使用条件下被氧化生成 Al_2O_3 结晶体,由于 Al_2O_3 层能增强抗蠕性和抗氧化性,能承受 $900^\circ C$ 以上高温,并能防止继续氧化,从而提高了坩埚寿命。

2) 操作方法: 分表面处理→喷铝→扩散处理三个步骤。①表面处理: 主要是在坩埚外表面喷砂处理,石英砂粒度为 2~3 毫米,空气压力为 3~4.5 公斤/厘米²,喷嘴直径 $\phi 10 \sim \phi 12$

① 这里指的是在“坩埚密封式”结构的条件下。

表 5-2-5 坩埚涂料配方和工艺

序号	材 料 配 比	配 制 与 说 明
1	氧化锌 15% 水玻璃 5% 水 80%	1. 各种材料捣成粉状 2. 配置时将水煮沸(加进水玻璃,随水煮沸),再加进其它物质,边加边搅拌,直至全部加入 3. 将上述涂料喷至 250°C 左右的坩埚上 4. 涂料最好配置后就用,不要搁置太久
2	氧化锌 25% 碳酸钙 65% 水玻璃 10% 水 按实际情况控制稀稠度	
3	钛白粉 45% 石英粉 45% 磷酸钙铝溶液 10% 水 100%	
4	第一层 { 轻质碳酸钙 85% 水玻璃 15% 水 适量 第二层 { 石墨粉 } 调至糊状 牙 膏	1. 照上述(即 1, 2, 3 号涂料)工艺给坩埚喷上第一层涂料 2. 石墨粉用水调稀,加适量牙膏,涂刷到 200°C 的坩埚上,作为第二层涂料
5	第一层 { 耐火土 14.5% 苏打粉 4.5% 石英粉 7.5% 水 73.5% 第二层 { 滑石粉 25% 水玻璃 1.5% 水 73.5% (上述比例为体积比)	1. 照上述(即 1, 2, 3 号涂料)方法,将第一层涂料喷至 70~80°C 的坩埚上(约 1 毫米左右) 2. 将第二层涂料薄薄地涂上去后加热到 500°C,保温半小时,以除去结晶水,即可使用
6	硼酸 35% 硼砂 35% 氧化镁 5% 石墨粉 25% (<0.6~0.8 毫米)	用法同 1, 2, 3 号涂料,该料放置时间不允许超过 36 小时,超过 8 小时者须重新煮沸,搅拌均匀后再用
7	第一层 { 氧化锌 75% 水玻璃 25% 水 适量 第二层 { 耐火土 66% 细石英砂(140~200 目) 15% 苏打 15% 水玻璃 4% 水 适量	1. 按 1, 2, 3 号涂料方法将第一层涂料喷至 250°C 的坩埚上(约 0.5 毫米) 2. 用第二层涂料涂至 400°C 的坩埚上(约 3~5 毫米),再加热坩埚到 600~650°C 烘干待用
8	第一层 { 云母粉 33% 水玻璃 1% 水 66% 第二层 { 锆石砂 100分 玻璃屑 15分 粘土 1.5分 水 (20~50)分	1. 按 1, 2, 3 号涂料方法将涂料喷至 350°C 的坩埚上(约 3 毫米),并涂刷内表面,然后干燥冷却 2. 将坩埚加热到 100~150°C,将第二层涂料手工涂布在上述涂料外,约涂 4 毫米左右,再按 300°C、400°C、500°C、600°C 顺序加热各 30 分钟,使之干燥成为第二层涂料 3. 600°C 时,再次刷上第一层配比的涂料约 1 毫米作为涂料涂膜再使其冷却干燥即成 (该涂料层较厚,保温性能好,宜作保温炉中用,不适宜电阻熔炼炉坩埚之用)

毫米, 喷砂距离 70~80 毫米, 喷嘴角度不得 $>20^\circ$; ② 喷铝: 用金属气喷枪, 借乙炔-氧气火焰的高温熔化铝丝, 并在强力空气流冲击下失去表面张力, 形成雾化金属微粒, 微粒在强气流作用下, 以极大速度喷至坩埚表面形成覆盖层。喷枪喷射参数: 乙炔压力 0.5~0.8 公斤/厘米², 氧气压力 0.8~1.2 公斤/厘米², 空气压力 4.5~5 公斤/厘米², 铝丝输送速度为 0.8~1.2 米/分, 喷铝层厚度为 0.5~0.8 毫米; ③ 扩散处理: 为防止喷铝覆盖层在搬运坩埚中碰坏, 故事先在覆盖层外刷上 2~3 次水玻璃, 并撒上一层细黄砂或细石英砂以成保护层。

扩散处理时将坩埚放入高温炉中加热, 炉温由 400~500°C 升至 1000°C 左右, 保温 40~50 分钟, 使铝原子向铁中渗入, 生成铝铁合金得到 0.1~0.13 毫米厚的渗铝层, 再使坩埚随炉冷却至 400~500°C, 取出后坩埚表面呈暗灰色。

(2) 坩埚的液态渗铝处理

该法原理与扩散处理相同, 其操作过程为:

1) 表面处理: 与扩散处理的表面处理方法相同。

2) 液态渗铝: ① 先使坩埚内表面在 150°C 条件下, 涂上一层涂料 (20~30% 滑石粉, 6% 水玻璃, 余量水); ② 准备好“渗铝剂” (840~860°C), 渗铝剂成分为: (92~94)% 的铝 (A_2A_3); 铁 (废铁屑) 余量; ③ 使 $350 \pm 5^\circ\text{C}$ 的坩埚平稳地浸入“渗铝剂”中, 使坩埚周围及底部的“渗铝剂”液厚度保证在 40~60 毫米范围。

3) 扩散处理: 待“渗铝剂”降到 $780 \pm 10^\circ\text{C}$ 时, 在此温度保持 50 分钟, 将坩埚提出空冷至室温, 并刷去坩埚表面多余铝糊。再涂上一层水玻璃黄砂保护层 (与前述保护层原理一致)。将涂好覆盖层的坩埚自然干燥一昼夜后, 进行高温扩散退火, 其规范为: 放入 300~400°C 的烘房中, 使其升温至 $1000 \pm 20^\circ\text{C}$ 保温 5 小时, 然后冷却到 600°C 以下, 取出坩埚空冷后待用。

三、感应电炉

感应电炉是一种应用电磁感应原理来加热冶炼金属的炉子, 它比电阻炉要更为先进, 它除了具备电阻炉的优点外, 还明显地表现熔化率高、耗电少、保温效果好等特点。因此, 这种炉子已越来越多地被许多有色金属铸造车间采用。

感应炉的种类很多, 按结构特点分为“无铁芯”和“有铁芯”二种; 按工作电流频率分为“高频” ($f > 10000$ 赫芝)、 “中频” ($f = 400 \sim 10000$ 赫芝) 和“工频” ($f = 50$ 赫芝) 三种; 按炉衬分为打结炉衬 (或非金属坩埚) 的和铁坩埚的二种。在铝合金低压铸造中使用的感应电炉, 主要是铁坩埚无铁芯工频感应炉, 本节主要介绍这种炉子。

(一) 铁坩埚工频无芯感应电炉

铁坩埚工频无芯感应电炉 (以下简称“铁坩埚工频炉”) 的加热原理, 可用一台设有封闭磁路的“气芯变压器”来比拟 (见图 5-2-11), 即将炉料当作短路了的次级线圈, 当感应圈内通电时, 炉料在电磁感应下产生涡流, 由于炉料在涡流中存在电阻, 根据焦耳-楞茨定律转变为热能, 使炉料加热, 直至熔化。

铁坩埚工频炉是用铁质坩埚来作为炉衬的, 比起打结炉衬来, 具有热损失少, 电效率高, 功率因素高, 维修方便等优点。它的主要结构如图 5-2-12 和图 5-2-13 所示。

1. 炉体结构

(1) 铁坩埚

由于铁坩埚具有良好的导磁性能, 因此, 在感应电炉工作时, 铁坩埚象炉料一样会吸收电

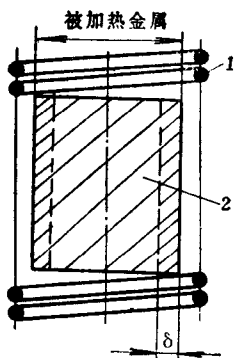


图 5-2-11 感应加热原理

1—感应器 2—炉料

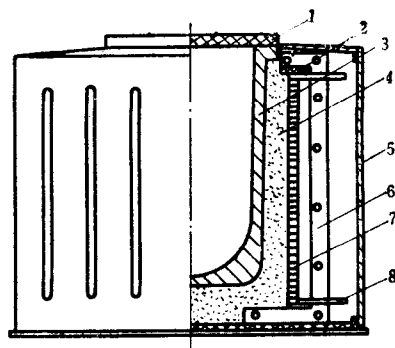


图 5-2-12 固定式铁坩埚工频炉

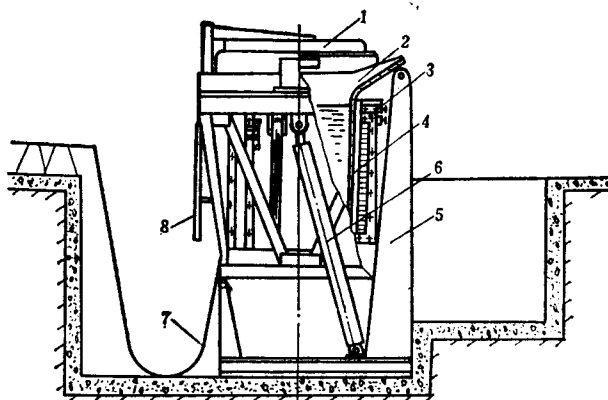
1—炉盖 2—绝缘垫块 3—铁坩埚 4—保温层
5—炉壳 6—导磁体 7—感应器 8—接线头

图 5-2-13 可倾式铁坩埚工频炉

1—炉盖 2—铁坩埚 3—导磁体 4—感应器
5—倾炉油缸 6—支架 7—电排 8—冷却管

磁波产生涡流,从而转变为热量,再传给炉料使其熔化,所以,铁坩埚也是加热熔化炉料的主要热源。在温度低于 760°C 时,由于铁坩埚吸收大量电磁波对炉料所起的屏蔽作用,还能有效地控制熔化过程中铝液的搅动。所以,在设计铁坩埚时,应考虑到合理的形状,良好的热强度、耐热性和耐蚀性。

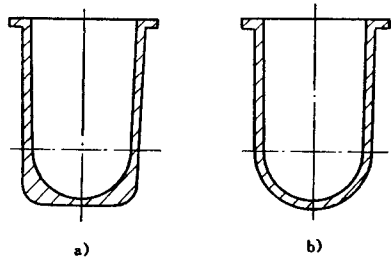


图 5-2-14 无芯工频感应炉铁坩埚

a) 平底状 b) 球底状

1) 材料选择 铁坩埚工频炉中的铁坩埚,与电阻炉中铁坩埚使用条件基本相同,因此,坩埚材料的选择可参见电阻炉坩埚材料一节。

2) 形状 为了考虑低压铸造工艺操作的需要,铁坩埚工频炉中的坩埚形状应与电阻炉中坩埚一样(这在电阻炉“保温炉”中已谈到),但除此以外,由于感应电炉加热方法的特殊,对坩埚形状还有特殊的要求。

电阻炉中常用的坩埚是球底的,但在感应炉中这种球底状,容易因坩埚底部与感应器之间的间隙较大而增加漏磁,从而降低电效率。所以感应炉中的铁坩埚形状应做成图 5-2-14a 那样的外平内球状,使铁坩埚与感应器耦合良好,减少漏