

# 球铁实用冒口及浇口的设计计算

张文亮 刘志信 徐远跃

(材料工程系) (基础科学部) (材料工程系)

**摘要** 就球铁实用冒口及浇注系统设计问题,在现有文献资料的基础上进行了新的组合,并对一些实用图线进行了密切相关的数学拟合处理,对球铁实用冒口及浇口设计拟定了明确的设计步骤与计算方法,从而使设计工作做到步骤化与公式化,为这一技术的进一步普及推广提供方便。文中求得的计算公式,也可为计算机辅助工艺设计提供数学模型上的参考。

**关键词** 球墨铸铁; 实用冒口; 浇注系统

**中图分类号** TG244.4

球铁具有共晶凝固温度范围宽、石墨晶核多以及共晶膨胀力大等特性,从而具有胀缩相抵的自补缩能力。球铁的实用冒口技术就是在此基础上建立起来的。与传统冒口相比,球铁实用冒口的特点是:冒口和冒口颈先于铸件凝固,利用全部或部分共晶膨胀自建压力,实现自补缩,获得无疏松缺陷的健全铸件,并提高工艺出品率。球铁实用冒口必须有相应的浇注系统配合,以充分发挥其效力。

## 1 球铁直接实用冒口的设计与计算

直接实用冒口是球铁实用冒口中应用较多的一种,其特点是:设置冒口仅用来补偿铁水液态收缩,当液态收缩结束或共晶膨胀开始时,冒口颈及时冻结,在刚性好的铸型内靠全部的共晶石墨化膨胀压力实现自补缩。此种冒口又称全压冒口。应用条件是铸件模数 $M_s < 2.5 \text{ cm}$ ,铸型硬度 $> 85 \sim 90$ 且均匀,铁水冶金质量要好。

### 1.1 确定铸件关键模数 $M_s$ <sup>[1,2]</sup>

如果铸件上某一模数最小的部分凝固时的共晶膨胀,可使较厚部分的液态金属受到 $0.1 \text{ MPa}$ 的压力作用,直到这部分产生共晶膨胀为止,那么这一最小模数部分就是起决定作用的关键部分,其模数称为**关键模数**(记为 $M_s$ )。关键部分的共晶膨胀和较厚部分的液态收缩同时发生且互相关联,从而互相补偿。在最小关键模数部位放置冒口时,冒口最小也最经济。对于形状复杂铸件,为了判断关键模数部位,需要绘制“模数—体积份额图”,如图1所示。

### 1.2 冒口体的设计与计算

(1) 计算铸件关键部位及冒口共需补缩的体积 $V_{\text{需补}}$

根据文献[3],冒口体取为铸件关键部分体积的5%,则

$$V_{\text{需补}} = (V_{\text{件}} + V_{\text{冒}}) \rho \cdot \epsilon_{\text{缩}} = 1.05V_{\text{件}} \cdot \rho \cdot \epsilon_{\text{缩}} \text{ cm}^3 \quad (1)$$

式中  $V_{\text{件}}$  为铸件被补缩(关键)部位的体积,  $\text{cm}^3$ ;  $V_{\text{冒}}$  为冒口体积,  $\text{cm}^3$ ;  $\epsilon_{\text{缩}}$  为单位重量铸铁需补缩的体积( $\text{cm}^3/\text{kg}$ )。

根据文献[4]上的图线,经数学拟合处理,得到计算 $\epsilon_{\text{缩}}$ 的算式

$$\epsilon_{\text{缩}} = (T_p - 1150) 10^{-7}/350 \quad (2)$$

本稿 1997 年 4 月 9 日收到。

张文亮:男,1941年生,副教授。锦州市士英街169号,辽宁工学院铸造教研室,邮编121001。

式中  $T_p$  为浇注温度, ;  $\rho$  为球铁密度, 取  $(6.8 \times 7.0) \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$ .

若铸件上设几个冒口补缩, 则应分区计算.

(2) 确定铸铁液态收缩期间凝固层厚度  $\delta$

对文献[4]上的图线进行数学拟合, 得到计算  $\delta$  的算式

$$\delta = 2032.45e^{-0.00487p} \text{ mm} \quad (3)$$

(3) 冒口体尺寸的计算

冒口直径为

$$D = \sqrt{\frac{4V_{\text{需补}}}{\pi H}} + 2\delta$$

取冒口高度  $H = 1.5D$ , 则

$$D = 0.95\sqrt[3]{V_{\text{需补}}} + 2\delta \quad (4)$$

### 1.3 冒口颈的设计计算

冒口颈设计的基本思想是, 当液态收缩终止或共晶膨胀开始时刻, 让冒口颈冻结. 冒口颈模数  $M_n$  的计算可借助于建立的如下近似计算式

$$M_n = 5.849 + 1.49 \ln T_p (M_s - 8.927) \text{ mm} \quad (5)$$

式中  $T_p$  为浇注温度, ;  $M_s$  为关键模数, mm.

为使冒口颈能及时冻结, 其应具有扁平形状, 并采用水平冒口颈. 这样实用冒口的结构就成了顶侧冒口和扁而长的冒口颈.

### 1.4 用浇注系统当冒口<sup>[2]</sup>

对于薄壁球铁件(模数小于 0.4 cm), 其冒口颈很小, 浇注系统可起冒口作用. 内浇道按冒口颈模数计算. 超过铸件最高点的直浇道和浇口杯实质上就是冒口. 但当铸件较厚(模数大于 1 cm)时, 把浇注系统与冒口分开则工艺出品率高. 此外, 把浇注系统当冒口时, 不能误认为无冒口铸造.

## 2 控制压力冒口的设计与计算

球铁铸件的模数如果比较大(0.4~2.5 cm), 并且铸型强度又低(小于 85 的湿型), 则铸型承受不了共晶膨胀的作用而要扩大, 这时共晶膨胀补偿不了二次收缩. 此时可采用控制压力冒口, 在共晶膨胀时往冒口中释放掉一部分压力, 以免型内压力过大而产生型壁移动. 控制压力冒口有补偿液态收缩和容蓄缓冲过大的共晶膨胀压力两种作用. 控制压力冒口又叫释压冒口或减压冒口, 其体积仅相当于铸件的 3%~5%. 控制压力冒口工艺有几种方法, 但最方便可靠的是采用暗冒口的体积来容蓄从铸件释放来的铁水压力.

### 2.1 $M_s$ 的确定

控制压力冒口是为了防范铸件内压力过大, 而膨胀压力最大的部位是铸件最厚大亦即模数最大部位, 因此冒口(或冒口颈)的设置部位是关键. 为确定关键部位, 同样要采用“模数—体积份额图”来确定  $M_s$ .

### 2.2 确定液体输送模数 $M_T$

设计控制压力冒口的基本出发点, 就是要求铸件达到铸型所能承受膨胀压力所需要的时间, 等于冒口系统(冒口与冒口颈)允许液体输送的时间. 液体输送模数就是对应液体输送时间限度(此时铸件内已有 75% 固相<sup>[5]</sup>)时冒口的模数. 表 1<sup>[6]</sup>为  $M_T$  的计算式.

### 2.3 确定冒口的模数

在铸件关键部分需要向冒口输送铁水的时间内, 整个冒口必须保持液态, 故冒口模数  $M_R$  可等于  $M_T$ .  $M_R$  应为铸件上厚大断面模数 ( $M_s$ ) 的 1.1~1.2 倍.

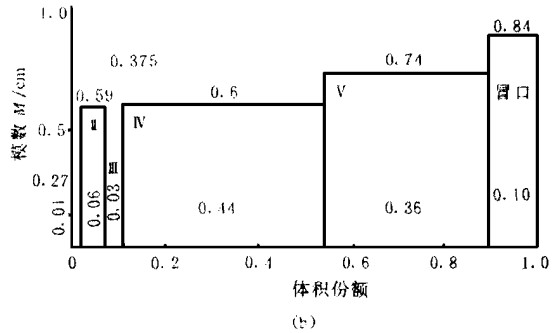
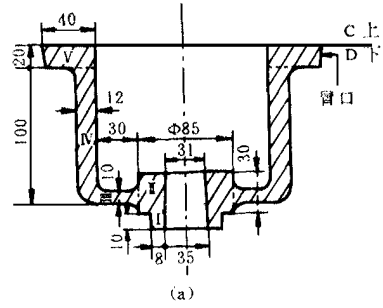


图 1 模数- 体积份额图

表 1  $M_T$  的计算式

冶金质量	$M_s < 10$	$10 < M_s < 25$	$M_s > 25$
好	$M_T = 0.6M_s + 1.524$	$M_T = 0.343M_s + 4.24$	$M_T = 0.51M_s$
中	$M_T = 0.8M_s + 1.524$	$M_T = 0.335M_s + 6.35$	$M_T = 0.59M_s$
差	$M_T = M_s + 1.524$	$M_T = 0.327M_s + 8.38$	$M_T = 0.66M_s$

(mm)

2.4  $V_{需补}$  的计算

铸件液态收缩需补缩的体积按下式计算<sup>[5]</sup>

$V_{需补} = V_{件} \cdot \epsilon$  (cm<sup>3</sup>) (6)

式中  $\epsilon$  为液态收缩率, 可用表 2 所列公式计算<sup>[6]</sup>。

2.5 冒口颈模数  $M_n$  及尺寸的确定

理论上应是  $M_n = M_T$ , 但因冒口颈散热慢, 所以  $M_n$  可取得比  $M_T$  小, 即

$M_n = 0.67M_T$  (7)

冒口颈的形状可取如下标准形式之一<sup>[7]</sup>: 圆形, 直径  $D = 4M_n$ ; 正方形, 边长  $a = 4M_n$ ; 矩形, 高  $h = 3M_n$ , 宽  $b = 6M_n$ 。

表 2  $\epsilon$  的计算式

冶金质量	关系式
好	$\epsilon = 0.0335/M_s^{0.18}$
中	$\epsilon = 0.0449/M_s^{0.20}$
差	$\epsilon = 0.0599/M_s^{0.27}$

3 直接实用冒口与控制压力冒口工艺的浇注系统的计算

这里采用内浇道/横浇道控制的半封闭式浇注系统, 其特点是内浇道能快速凝固, 挡渣效果好。浇注系统断面积比为  $F_{直} : F_{横} : F_{内} = 4 : 8 : 3$ 。

3.1 浇注时间  $\tau_p$  的确定

根据文献[5]提供的图线拟合出如下算式

$\tau_p = 2.765W^{0.445}$  秒 (2.301 W 1105) (8)

$\tau_p = 206.31 \times 10^{-8.753W^{-0.403}}$  秒 (1150 W 44668) (9)

式中  $W$  为铸件重量, kg

3.2 浇注系统阻流断面(内浇道)的确定

根据文献[1]提供的图线, 得如下拟合的算式:

高的直浇道高度时

$F_{内} = 0.298 + 1.328W^{0.225}$  (1 W 100) (10)

$F_{内} = 0.2186 \times 10^{0.773W^{0.108}}$  (100 W 100000) (11)

低的直浇道高度时

$F_{内} = 0.67 + 1.305W^{0.282}$  (1 W 100) (12)

$F_{内} = 0.179 \times 10^{0.98W^{0.094}}$  (100 W 100000) (13)

以上各式中  $F_{内}$  为内浇道断面积 ( $F_{内}$ , cm<sup>2</sup>);  $W$  为阻流浇注铁水重量, kg

3.3 内浇道的厚度

应采用薄的内浇道, 以便浇注后尽快冻结, 以免共晶膨胀压力由此卸除。内浇道也不能过薄, 否则会出现浇注过程中内浇道的凝固。根据文献[1]提供的图线, 得到计算最小内浇道厚度的拟合算式

$\delta_{内} = 41824799e^{-0.11297p}$  (14)

式中  $\delta_{内}$  为最小内浇道厚度, mm;  $T_p$  为浇注温度, .

参 考 文 献

- 1 卡 赛著; 白天申等译 球墨铸铁的浇口和冒口. 清华大学出版社, 1983
- 2 李魁盛 铸造工艺及原理 北京: 机械工业出版社, 1989
- 3 国外铸造 1980, (6)
- 4 沈阳铸造研究所等 球墨铸铁 北京: 机械工业出版社, 1982



- 5 张 博等著;任善之等译 球墨铸铁——基础·理论·应用 北京:机械工业出版社,1985  
 6 清华大学 球墨铸件浇冒口系统的计算机辅助设计. 交流资料,1987  
 7 AFS Trans 1983, 173~ 182

## Design and Calculation of the Applied Riser and Gating of Ductile Iron Casting

Zhang Wenliang; Liu Zhixin; Xu Yuanyue

**Key words:** ductile iron; applied riser; gating system

### ABSTRACT

Based on some documents available now, the design of the applied riser and pouring system of ductile iron are synthesized newly. Some relative applied graph curves are mathematically fitted, and a clearly definite designing steps and calculation method are drawn up for the design of applied riser and gating of ductile iron, thereby enabling this design to be formulated step by step, also making the technique spread much conveniently. The calculation formulae derived in this paper can be referenced for the CAD application in the mathematical model

(Received on Apr. 9, 1997)

(上接第 61 页)

### 参 考 文 献

- 1 [墨西哥]G J Rom á Moguel et al 气体喷射法精炼铜废料 铜加工,1991(4): 168  
 2 刘兴州 我国铜加工工业的技术进步(一). 有色金属加工,1991, (1): 3  
 3 G J Rom á Moguel 等 JOURNAL OF METALS 1988, (9): 38~ 40

## Research on the Impurity Behaviour of the Red- Impure-Copper

Meng Qingying; Chang Guowei; Wang Jianzhong; Mao Caizhu

**Key words:** red-impure-copper; jet metallurgy; impurity behaviour; coefficient of elongation; specific resistance

### ABSTRACT

Applying the jet metallurgy technique, the paper makes a discussion of the affecting regulation upon this kind of copper's coefficient of elongation and the specific resistance in response to the total amount of the foreign substance existing in the red-impure-copper. In addition, the paper also gives an analysis of all the technique factors affecting the impurity removal, proposes the removing speed of molten copper, defines all key points for removing impurities in the liquid copper. As a result, the blacken rod exceeds the standard of GB 3952- 83 ICE28 concerned with the copper T<sub>2</sub> in electrical engineering

(Received on Aug. 22, 1997)