



高韧性球墨铸铁轮毂的研制

齐齐哈尔第一机床厂 (黑龙江 161005) 袁洪志 周桂梅 车振礼

高韧性球墨铸铁件 345—144H 轮毂是我公司利用丹麦技术国产化为沈阳鼓风机厂提供的高难度系列产品之一,铸件结构之复杂,小孔及多孔出砂、出气之难,材质之高是前所未有的。但我们在研制过程中,通过采用新工艺、新技术,成功地解决了铸造中的难题。

该系列 5 种轮毂材质均为 QT400—17; 铸件轮毂尺寸为 $\phi 920\text{mm} \times 318\text{mm} \sim \phi 2000\text{mm} \times 442\text{mm}$; 铸件重量为 540~3400kg; 轮毂内风叶轴孔直径(铸孔)为 20~35mm, 数量为 9~17 个; 在两排小孔中间有大小不等的环形空腔。轮毂辐板为曲线形状,除环形空腔不加工外,其余全部加工,加工后对其进行动平衡校正。铸造时不允许用芯撑,并进行无损探伤检查,铸件品质应符合 JB/T9441—1988 及 GB/E1348—1988 技术标准。

一、铸造工艺

1. 铸造工艺方案

依据轮毂的质量标准、技术要求、结构特点和材质等因素,确定敞口朝下底部注入铁液,幅板一侧外圆下沿为分型面,两箱铸造。下面仅以外径 $\phi 920\text{mm}$ 的轮毂(铸造工艺见图 1)为例加以表述(该轮毂径向孔数量为 17 个)。

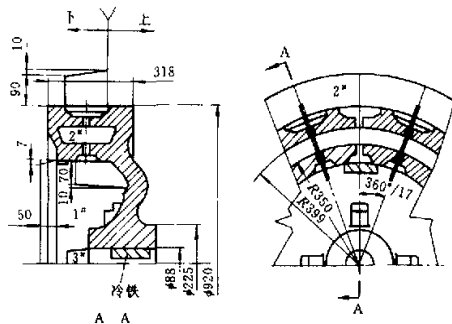


图 1 345—144H 轮毂铸造工艺简图

(1) 铸造工艺主要参数 轮毂铸件的收缩率为 0.8%, 分型负数为 -2mm, 铸件机加工余量在浇注位置下面、侧面为 +7mm, 上面为 +9mm, 轴

孔为 +10mm, 砂芯间隙 2mm。

(2) 砂芯设计 砂芯工艺设计对于保证铸件尺寸精度,防止铸造缺陷是至关重要的,轮毂内腔有 17 排(径向夹角 $360^\circ/17$)共 34 个铸孔,孔径为 20mm。铸件内腔由 3 个砂芯组成,其中 2* 圆形砂芯是由沿圆周两排孔(每排 17 孔)连接砂环及里外芯头所组成,砂环中的型砂及气体必须由 34 个 $\phi 20\text{mm}$ 铸孔排出。由于铸孔有精度要求,径向每两排孔夹角有严格的公差,因而采用专用胎具焊接芯骨,铸孔芯骨采用外径为 14mm 的无缝钢管(无缝钢管外缠耐高温纤维 3mm),其余用 $\phi 10\text{mm}$ 盘圆钢焊接构成整体芯骨。

(3) 砂种及涂料 型砂采用呋喃冷硬树脂砂造型、造芯,涂料为锆石粉醇基涂料,树脂砂强度为 1MPa (24h)。

2. 强冷工艺

为了消除热节,使其各部分均衡凝固,确保铸件内在品质,在轮毂中心孔处及径向两排孔之间放置石墨冷铁。

3. 浇注系统的设计

针对轮毂的结构及材质等特点,浇注系统设计原则为:铁液大流量、快速平稳充满铸型;铸型温度场温度均匀;具有闭脏、闭气等功能,因而采用大孔出流的 T 型结构浇注系统,由浇口杯、直浇道、环形横浇道(开口)、分直浇道(6 个)和底返内浇道(6 个)组成。直浇道、分直浇道、内浇道均为耐火砖管(见图 2)。

(1) 确定浇注系统的截面积比 $\sum A_{\text{直}} : \sum A_{\text{横}} : \sum A_{\text{分直}} : \sum A_{\text{内}} = 1.2 : 1.8 : 1 : 1.2$ 。

(2) 选取流量因素 μ_1 、 μ_2 、 μ_3 , 计算有效截面积比 K_1 、 K_2 选取 $\mu_1 = \mu_2 = 0.5$, $\mu_3 = 0.35$, 则

$$K_1 = \frac{\mu_1 \sum A_{\text{直}}}{\mu_2 \sum A_{\text{横}}} = 0.6$$

$$K_2 = \frac{\mu_1 \sum A_{\text{直}}}{\mu_3 \sum A_{\text{分直}}} = 1.7$$

(3) 计算平均静压力头 H_p (底注)

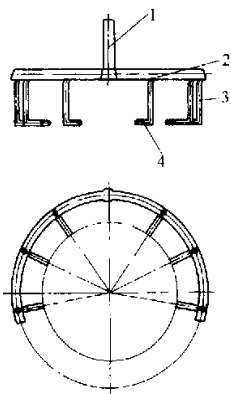


图2 浇注系统简图

1. 直浇道 2. 横浇道 3. 分直浇道 4. 内浇道

$$H_p = H_3 - \frac{P^2}{2C} = H_3 - \frac{C}{2}$$

$$= \frac{K_2^2}{1 + K_1^2 + K_2^2} \left(H - \frac{C}{2} \right) = 29.9 \text{ cm}$$

(4) 计算总浇注量 G 、浇注时间 t

$G = \text{铸件毛重} + \text{浇冒口重} = (540 + 540 \times 10\%) \text{ kg} = 594 \text{ kg}$

按球墨铸铁件经验公式计算浇注时间 t

$$t = S \sqrt[3]{G} = 3.5 \times \sqrt[3]{594} \text{ s} = 29.4 \text{ s}$$

(5) 计算节流截面积 $\Sigma A_{\text{分直}}$

$$\Sigma A_{\text{分直}} = \frac{G}{0.31 \mu_3 t \sqrt{H_p}} = 34 \text{ cm}^2$$

(6) 确定浇注系统其他各单元截面积

直浇道: $\Sigma A_{\text{直}} = 34 \times 1.2 = 40.8 \text{ cm}^2$, 取 38.4 cm^2 ($\phi 70 \text{ mm}$)

横浇道: $\Sigma A_{\text{横}} = 34 \times 1.8 = 61.2 \text{ cm}^2$, 取 60.76 cm^2

内浇道: $\Sigma A_{\text{内}} = 34 \times 1.2 = 40.8 \text{ cm}^2$

以上计算经核实及生产验证, 金属液在直、横、分直和内浇道中流速、流量及铸型液面上升速度是合理的。

4. 冒口设计

依据零件结构、材质等特点, 采用5个高径卡脖补缩冒口。

二、球墨铸铁熔炼及浇注工艺

1. 熔炼工艺

(1) 采用1.5t中频感应电炉熔炼铁液, 配有

炉前快速分析仪, 确保铁液化学成分准确。

(2) 化学成分及力学性能(单铸试块)见表1、表2、表3。

表1 化学成分(质量分数) (%)

化学成分	C	Si	Mn	P	S	RE	Mg
控制	3.3	2.0	≤ 0.3	≤ 0.05	≤ 0.02	0.02	0.04
范围	~ 3.8	~ 2.8				~ 0.04	~ 0.06
目标值	3.5	2.6	≤ 0.25	≤ 0.05	≤ 0.02	≤ 0.03	≤ 0.05

表2 力学性能

σ_b /MPa	δ (%)	HB (试块)	HB (本体)	弹性模量 E /GPa
≥ 400	≥ 17	130 ~ 180	≥ 130	140 ~ 172

表3 金相组织

石墨 形态	石墨 大小等级	球化 等级	基体	球化率 (%)
球状	6	2	铁素体	≥ 85

(3) 强化原材料质量 采用Q10、Q12专用球墨铸铁生铁, 及普通优质碳素钢; 球化剂采用FeSiMg8RE5或FeSiMg10RE7; 孕育剂采用75硅铁、硅钡铁; 脱硫剂为 Na_2CO_3 粉。

生铁和废钢按一定比例精心配制; 严格控制球化剂及孕育剂的加入量和加入方法; 按一定参数进行出铁槽孕育、浮硅和瞬时孕育, 并进行严格的脱硫。在熔炼过程中严格控制原铁液化学成分, 高温($1500 \sim 1520^\circ\text{C}$)精炼时间控制在5~10min, 球化处理为 $1420 \sim 1440^\circ\text{C}$ 。

2. 浇注工艺

(1) 采用清洁完好的浇包, 浇注前加强扒渣与覆盖。

(2) 严格控制出铁液与浇注的间隔时间 < 10min。

(3) 浇注温度为 1340°C (浇口杯内测量)。

(4) 采用具有闸门、浇口塞的大型专用浇口杯。浇注时待铁液上升至浇口杯内有效高度2/3时, 立即提起浇口塞, 铸型浇满后进行补浇, 直至冒口内铁液不再回落为止。

三、铸件检验

轮毂铸件生产后, 其化学成分、力学性能和金

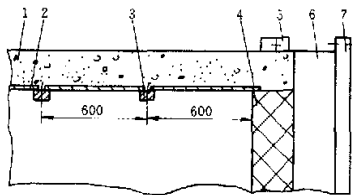


中小型干燥炉炉顶的改进

徐州锻压设备制造厂 (江苏 221004) 张立权

修砌中小型干燥炉, 由于平顶与吊顶结构复杂、造价高, 大多采用拱形顶与半圆形炉顶, 而修砌拱形顶与半圆形炉顶用楔形砖, 要求表面光滑、尺寸准确。但在现实修砌生产过程中, 耐火材料厂供应的楔形砖, 大多不能完全满足上述技术要求, 导致修砌的拱顶, 部分砖缝超过 1mm, 干燥炉使用一段时间后, 局部吊顶砖就会发生下垂、脱落现象, 由于维修困难且费用高, 因而直接影响了干燥炉的使用寿命。

1996 年以来, 我厂相继为乡镇民营铸造企业设计了 $5\text{m} \times 3\text{m} \times 2.5\text{m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)、 $6.5\text{m} \times 3\text{m} \times 3\text{m}$ 、 $6\text{m} \times 3.5\text{m} \times 3.5\text{m}$ 共 3 座底热式干燥炉, 炉顶改用 $\delta = 20\text{mm}$ 的铸铁板, 炉顶四周用普通红砖修砌高 200mm 的围墙, 铸铁板表面铺放型砂或炉渣等保温材料, 其结构如下图所示。经几年来的生产使用, 3 座干燥炉炉顶部分完好无损, 这是因为干燥炉的烘干温度上限为 500°C , 小于铸铁的弹性变形状态温度 ($< 620^\circ\text{C}$), 所以干燥炉在生产使用过程中, 不会导致铸铁板挠曲变形。



干燥炉炉顶结构图

1. 保温层 2. 铸铁板 3. 铸铁横梁 4. 耐火砖
5. 横向加固槽钢 6. 红砖 7. 纵向加固槽钢

由于铸铁的吸热性能好, 外表面覆盖有保温材料, 所吸收的热量不易散发, 干燥炉停烧以后, 铸铁板所吸收储存的热量缓慢散发, 从而可以使干燥炉内长时间保持一定温度, 提高了型芯的烘干程度。经多年来的生产实践证明, 改进后的干燥炉炉顶, 不但没发现挠曲变形及裂纹现象, 而且型芯的烘干效果好, 不但减少了维修费用, 还节省了燃料, 获得了较好的经济效益, 因而很受使用单位的欢迎。

(20030525)

相组织的检验结果见表 4、表 5、表 6。

表 4 铸件化学成分 (质量分数) (%)

编号	C	Si	Mn	P	S	RE	Mg
1	3.67	2.71	0.30	0.032	0.018	0.028	0.045
2	3.58	2.65	0.29	0.036	0.014	0.031	0.051

表 5 力学性能

编号	σ_b /MPa	δ (%)	HB (试块)	HB (本体)	弹性模量 E /GPa
1	425	18.1	162	141	145
2	431	19.2	168	149	142

表 6 金相组织 (试块)

编号	石墨形态	石墨大小等级	球化等级	基体	球化率 (%)
1	球状	6	2	铁素体	87
2	球状	6	2	铁素体	85

经检测铸件尺寸精度、外观及内在质量, 全部符合品质标准。

四、结语

(1) 生产实践证明, 铸造此类孔多而小、结构复杂的球墨铸铁轮毂铸件, 所采用的工艺方法是行之有效的。

(2) 应用大孔出流理论设计的浇注系统可防止铸件产生夹砂、缩孔和气孔等缺陷, 对保证铸件的内在质量效果明显。

(3) 采用感应电炉熔炼铁液, 优化材料, 强化孕育与球化处理, 并加入微量铈是获得高韧性球墨铸铁件强有力的措施。

两年来我厂先后生产大小不等的 5 种轮毂 20 件, 品质稳定, 铸件合格率 100%, 达到了国际同类产品的先进水平。

(20030610)