

大型铸铁薄壁型架底座的铸造工艺

陈超英¹, 张梦娟²

(1. 成都飞机工业(集团)有限责任公司, 四川成都 610092; 2. 成都立航科技股份有限公司, 四川成都 610091)

摘要: 针对大型铸铁薄壁型架底座铸件的铸造工艺设计, 对铸件的技术要求及结构进行了分析。合理地选择灰铸铁材质并对其熔炼工艺及铸件的浇注位置、浇注系统、冒口设置等铸造工艺进行了设计, 并采用MAGMA数值模拟对铸件质量及工艺参数进行分析验证。最后成功地生产出了合格的底座铸件。

关键词: 大型; 薄壁; 铸铁件; 铸造工艺

铸铁件具有刚性和减震性好、尺寸形状稳定等特点, 是装配型架尤其是大型装配型架底座的理想选择。本项目生产的大型装配型架底座材质为HT300(GB/T 9439—2010), 铸件形状结构复杂, 尺寸巨大(7 600 mm×4 200 mm×1 060 mm), 壁薄(主要壁厚30 mm), 铸件重48 t(见图1)。铸件工作表面不允许存在铸造缺陷, 铸件材质的化学成分和力学性能应符合表1要求。

1 铸件结构分析

大型铸铁型架底座铸件为复杂的镂空、框架结构, 要求结构的刚性较好, 不易变形, 铸件尺寸巨大, 壁薄, 铸件重量大, 工作表面(图1中A表面)大且平整, 工作表面不允许存在铸造缺陷。因此, 铸件铸造难度较大, 在铸造工艺中应解决好以下问题。

(1) 薄壁铸件的完整充型。在铸件的水平方向上, 铁液充型流程长(边长7 600 mm), 充型表面大; 在纵向上, 铸件高度为1 060 mm, 同时, 由于铸件的壁厚为25~30 mm, 充型过程中铁液冷却速度非常快, 容易造成浇不足、冷隔、夹渣等铸造缺陷。

(2) 充型过程的顺畅排气。铸型体积巨大, 浇注过程中造型材料瞬间发气量非常大, 气体能否顺畅排出直接影响铁液的充型速度和铸件的质量。

因此, 合理的浇注方案、理想的铁液质量和浇注温度、有序的操作过程是获得优质铸件的关键。

2 熔炼工艺及铸造工艺

2.1 熔炼工艺

HT300为灰口铸铁, 鉴于底座铸件的结构特点, 如何保证铁液的温度以及孕育处理的效果, 是最终获得优质铸件的关键。为确保铁液质量及温度, 熔炼过程采用两套10 t/h冲天炉+8 t中频电炉“间接”双联熔炼法进行铸铁的熔炼(浇注重量达52 t), 分别采用2个20 t(1[#]、2[#]座包)以及2个8 t(3[#]、4[#]吊包)的浇包进行包内孕育处理铁液, 并采取炉前铁液成分分析及断口检查的方法控制铁液质量。具体的工艺控制参数见表2^[1]。

铸铁熔炼及浇注操作流程: ①同步运行两套10 t/h冲天炉+8 t中频电炉, 分别采用3[#]、4[#]吊包将冲天炉铁液(铁液出炉温度1 400 ℃)倾入两套8 t中频电炉中, 将铁

作者简介:

陈超英(1960-), 男, 研究员级高级工程师, 从事铸造工艺工作。电话: 028-87497500, E-mail: chenchaoying16@hotmail.com

中图分类号: TG24

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)07-0769-04

收稿日期:

2019-02-25 收到初稿,
2019-03-24 收到修订稿。

液加热至1 600 ℃并保温，过程中进行铁液炉前化学成分分析；②将1[#]、2[#]座包分别置于铸型两端的浇注位置，分别采用3[#]、4[#]吊包将各10 t的铁液（铁液出炉温度1 400 ℃、）由冲天炉倾入1[#]、2[#]座包中（过程中进行包内孕育处理、断口检查），然后，再次分别采用3[#]、4[#]吊包将各8 t的铁液（铁液出炉温度1 600 ℃、过程中进行包内孕育处理、断口检查）由中频电炉倾入1[#]、2[#]座包中，与其中原有的10 t铁液混合组成各18 t铁液（温度为1 500 ℃）；③约30 min后，分别采用3[#]、4[#]吊包将冲天炉铁液（铁液出炉温度1 400 ℃）倾入两套8 t中频电炉中，将铁液加热至1 500 ℃，随后分别直接倾入回3[#]、4[#]吊包（过程中进行包内孕育处理、断口检查），将各装有8 t铁液的3[#]、4[#]吊包用吊车分别布置在1[#]、2[#]座包的上方；④采用浇包进行浇注的操作过程：首先同步打开1[#]、2[#]座包开始浇注，浇注进行120 s后，

启用3[#]、4[#]吊包对1[#]、2[#]座包实施边补充铁液边进行浇注，直至完成浇注过程。

2.2 铸造工艺设计

（1）浇注位置的确定。针对底座铸件的材料、结构特点，采用消失模+冷硬树脂砂+地坑造型（外围吃砂量1 000 mm）实型铸造工艺进行铸件的生产。铸件的外形规则，铁液沿长度方向充型流动阻力最小，铸件最大的平整面A面为工作面，因此，选择A面朝下为浇注位置，在铸件的两端设置浇口（见图2）。

（2）浇注系统设计。为了确保顺利完成浇注充型，浇注过程中要求铁液以大流量、高流速充型，同时，还要利于排气、排渣。采用阶梯、开放式浇注系统，铁液从铸件的底部平稳有序、逐层地完成充型，有利于排气、排渣，并能够形成合理的温度场分布。

表1 铸件化学成分及力学性能
Table 1 Requirements of chemical components and mechanical properties of casting

成分		$w_B/\%$			力学性能（单铸试样）
C	Si	Mn	S	P	R_m/MPa
3.0~3.2	1.7~1.9	0.8~1.1	≤ 0.12	< 0.15	≥ 300

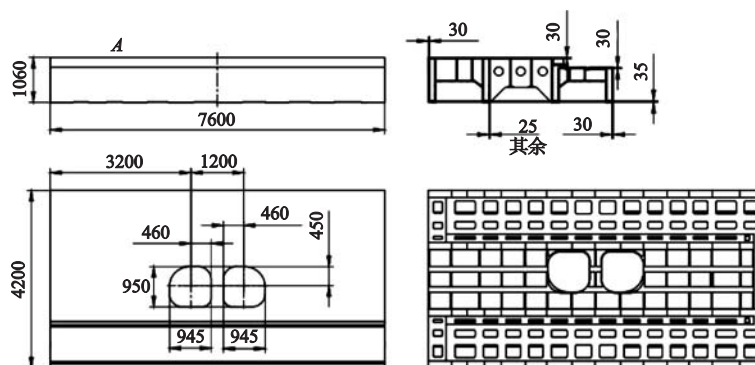


图1 大型装配型架底座

Fig. 1 Large-sized framework base

表2 铁液熔炼工艺控制参数
Table 2 Technical parameters of melting process

要求的化学成分/%	3.0~3.2 C; 1.5~1.9 Si; 1.1~1.3 Mn; S<0.12; P<0.15
炉料配比/%	25~30生铁; 35~40废钢; 30~40回炉料
焦炭用量	按总铁焦比=10进行控制 ^[1]
石灰石用量/%	20~30（用焦量）
铁液孕育处理	硅钡孕育剂，粒度：3~16 mm，加入量：铁液总量的1.1%~1.2%
铁液出炉温度/℃	冲天炉：1 400；中频电炉：1 600/1 500
断口检查	三角断口中白口尺寸宽度 ≤ 5 mm
炉前化学成分检查	TP-6F分析仪，检查耗时 ≤ 10 min.

分别按式(1)、(2)^[2-3]计算得浇注时间为186 s、浇注系统最小截面积为180 cm²,在铸件高度方向上共设置2组4层阶梯式浇注系统,分别由2个浇口箱、2个Φ110 mm的直浇道、2组Φ100 mm阶梯式横浇道、52个Φ40 mm分散布置的内浇口组成(见图2),底层、第二层浇注系统各单元截面积比为:∑F_直:∑F_横:∑F_内=1:1.2:2^[4],第三、四层浇注系统各单元截面积比为:∑F_直:∑F_横:∑F_内=1:1.2:2.5^[4]。

$$t = f(\sqrt{G_{\text{件}}} + \sqrt[3]{\frac{1}{5}\delta \times G_{\text{件}}}) \times (\frac{2}{3})^{n-1} \quad (1)$$

式中: t 为有效浇注时间, s; f 为材质系数, 灰铁 $f=1.0$ ^[2]; $G_{\text{件}}$ 为铸件重量, 48 000 kg; δ 为铸件最小壁厚, 25 mm; n 为浇注系统组数, $n=2$ 。

$$F_{\text{阻}} = \frac{G_{\text{件}}}{\gamma \sqrt{2g} \times t \times \delta^w} \times (\frac{1}{3})^m \quad (2)$$

式中: $F_{\text{阻}}$ 为(阻流断面)直浇道最小截面积, cm²; γ 为铸件材料密度, kg/cm³; $G_{\text{件}}$ 为金属液通过阻流断面的重量, 通过底层直浇口阻流断面重量为2 000 kg; δ 为铸件最小壁厚, 25 cm; g 为重力加速度; t 为有效浇注时间(按式(2)计算得 $t=186$ s); w 为材质指数^[3], 灰铁 $w=0.24$; m 为修正指数^[3], 拔塞式浇口 $m=1$ 、其余 $m=0$ 。

(3) 冒口设计。鉴于铸件壁厚较薄且均匀, 结合灰铸铁基于石墨化的凝固特点, 设置了32个100 mm×100 mm排气冒口, 同时, 利用浇注系统对铸件辅助补缩(图2)。

(4) 数值模拟分析验证。采用MAGMA铸造凝固模拟软件对以上初步设计的铸造工艺方案进行充型和温度场数值模拟, 结合初步工艺设计对数值模拟的边界条件做了以下的设定: 砂型铸型(见2.2)、铸件材料HT300、浇注系统(图2)、浇注温度1 400 ℃^[1]、浇注时间180 s, 模拟结果见图3。

由模拟的结果可见: 浇注充型过程顺畅, 铁液由

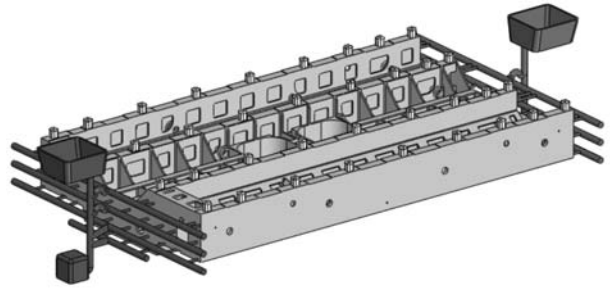


图2 浇注系统示意图

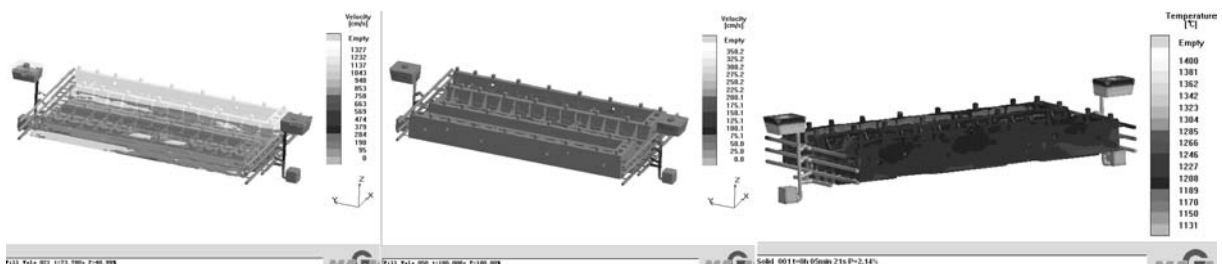
Fig. 2 The sketch of gating system

阶梯式浇道引导逐层、平稳充型(图3a-b), 有利于排气、排渣; 在设定的180 s内完成了浇注充型过程, 铸件的温度场分布呈现由铸件中部向浇口逐渐升高的态势(图3c), 发挥了浇注系统补缩的作用; 铸件的冶金质量良好, 铸件的工作表面(A表面)不存在疏松缺陷(图3c)。数值模拟的结果表明, 铸造工艺设计依据的选择及计算结果正确可行。

(5) 开箱工艺。由于HT300铸铁在弹塑性温度范围(500~550 ℃)保温(2~8 h), 缓慢冷却至弹性变形的温度范围(≤200 ℃), 然后, 快速冷却至室温, 能够获得消除应力的效果(热时效处理)^[1], 因此, 基于数值模拟自浇注结束至铸件冷却至200 ℃所需时间的计算结果, 铸件的开箱时间应≥10 h。

3 实际生产结果

基于铸造工艺初步设计及数值模拟分析验证的结果, 确定了包括铸铁熔炼及浇注过程控制、铸型方案、浇注位置、浇注系统设置、开箱操作要求(开箱时间≥10 h)等在内的型架底座铸件铸造工艺实施方案, 并依此开展了型架底座铸件铸造生产, 实际浇注温度范围1 370~1 480 ℃, 实际浇注时间180~200 s,



(a) 充型开始

(b) 充型结束

(c) 凝固温度场

图3 铸件充型及凝固温度场

Fig. 3 Simulation of the mold filling and temperature field for the casting solidification

表3 实际检测铸件的化学成分及力学性能
Table 3 Test chemical components and mechanical properties of casting

化学成分		$w_B/\%$			力学性能 (单铸试样)
C	Si	Mn	S	P	R_m / MPa
31	1.7	1.0	0.1	0.12	≥ 300

对铸件的检验结果表明,铸件的化学成分及力学性能(表3)、形状尺寸、表面质量均符合技术条件要求(图4),铸件的工作表面(A表面)不存在任何铸造缺陷,铸件生产获得成功。

4 结束语

理论设计与数值模拟验证相结合是进行大型铸铁件工艺设计的有效途径。合理的浇注方案、理想的铁液质量和浇注温度控制、有序的操作过程是获得优质大型铸铁件的关键。



图4 型架底座铸件
Fig. 4 Framework base casting

参考文献:

- [1] 陆文华. 铸铁及其熔炼 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.
- [2] 刘文川, 向敬成. 大型铸件有效浇注时间的计算 [J]. 大型锻铸件, 2000 (4): 14-20.
- [3] 刘文川, 黄睿. 大型铸件浇注系统最小截面积的计算 [J]. 大型锻铸件, 2001 (2): 24-32.
- [4] 施廷藻, 王玉玮. 铸造实用手册 [M]. 沈阳: 东北工学院出版社, 1988.

Casting Process of Large-Sized and Thin-Wall Cast Iron Framework Base

CHEN Chao-ying¹, ZHANG Meng-juan²

(1. Chengdu Aircraft Industrial (Group) Co., Ltd., Chengdu 610092, Sichuan, China; 2. Chengdu Lihang Technology Co., Ltd., Chengdu 610091, Sichuan, China)

Abstract:

Aiming at the casting process design of large-sized and thin-wall cast iron framework base, the technical requirements and structure of the casting were analyzed. Reasonable selection of gray iron material and design of melting process, casting position, gating system and riser setting of the castings were carried out. The quality and process parameters of the castings were analyzed and verified by MAGMA numerical simulation. Finally, qualified framework base castings were successfully produced.

Key words:

large-sized; thin-wall; iron casting; casting process