

# U型支架铸造工艺设计

李燕霞

(河北汉光重工有限责任公司, 河北省机器视觉与图像理解技术创新中心, 河北邯郸 056028)

**摘要:** 针对U型支架铸件技术要求及结构进行分析, 对砂芯、浇注系统、冒口、冷铁等铸造工艺进行了设计。设计中采用了隙缝式浇注方式, 并利用ProCAST数值模拟软件对铸件进行充型过程和凝固过程模拟, 确定了合理的浇注及补缩系统。最后经过生产验证, 铸件内、外部质量达到技术指标的要求, 获得了合格的铸件, 证明了工艺方案的合理性。

**关键词:** U型支架; ZL104; 数值模拟; 铸造工艺

## 1 铸件技术要求及结构特点

### 1.1 技术要求

U型支架材质为ZL104, II类铸件, T6状态。铸件中两支脚轴孔处需安装旋转轴, 为保证支架的使用寿命, 所以此部位不允许存在明显缩孔缩松等缺陷。铸件化学成分必须满足表1要求。铸件力学性能必须满足表2要求。铸件机械加工面较多, 加工面质量需满足II类铸件标准要求。

### 1.2 结构特点

U型支架铸件毛坯重量约25 kg, 主体壁厚11 mm。铸件整体呈对称结构, 其下方为底座, 底座为中空设计, 底面设有接线孔, 如图1所示。铸件两支脚对称竖直, 上部有轴孔设计, 内侧为凸台, 外侧镂空。壁厚镂空会影响金属液流动。凸台位置相对厚重容易产生缩松、缩孔等缺陷。

## 2 铸造工艺设计方案

### 2.1 生产方式及条件

U型支架芯盒采用拆分式的结构。模具材质为红松, 表面刨平, 刷清漆, 晾干后打磨, 打磨光洁后刷清漆, 再打磨。

造型时冒口、浇道设置在上箱。铸件砂芯、直浇道、横浇道和内浇道置于中箱, 中箱由各砂芯组合成整体砂芯, 砂芯外使用湿型砂和砂箱紧固。下箱为基准平台, 摆放砂芯前, 需用水平仪校验下箱的平整度。

铸型、砂芯采用呋喃树脂砂, 造型时保证型砂强度及紧实度、砂箱刚度足够。涂料使用醇基涂料, 涂料涂抹均匀, 并进行点火烘干。

### 2.2 工艺筋的设计

在铸件两支脚上部中间位置设置工艺拉筋, 如图2所示, 一方面, 防止铸件两支脚间敞口在浇注及热处理的过程中产生尺寸变形; 另一方面, 可以加强浇注时两脚臂之间的铝液流动, 保证金属液在型腔内流动顺畅。为保证铸件的机加工工艺性, 在铸件一侧加设机械加工工艺台, 方便机械加工时装卡。

### 2.3 砂芯设计

U型支架结构复杂, 没有明显的定位结构, 模具分型较困难, 两支脚和底座的定

作者简介:

李燕霞(1988-), 女, 硕士, 工程师, 从事铸造工艺及模具设计工作。E-mail: liyanxia\_120@163.com

中图分类号: TG292

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2020)01-0089-04

收稿日期:

2019-08-19 收到初稿,  
2019-09-17 收到修订稿。

位是关键。综合考虑后将砂芯分为4个芯,其中包括1个中心芯(X1),1个顶芯(X4),2个贴皮芯(X2和X3),两支脚轴孔结构与左右贴皮芯合为一体。顶芯依靠与贴皮芯的搭接定位,砂芯之间定位必须明确,保证位置准确<sup>[1]</sup>。各砂芯间分芯线见图3。各砂芯依靠彼此之间的定位结构组成整体砂芯。浇注系统定制于砂芯内部。

## 2.4 分型设计

为方便起模和降低造型难度,最终选择底座朝上,两支脚朝下。分型面选择底座的上表面,如图4所示。浇注过程中上表面为夹杂聚集处,但考虑到底座外表面为机械加工面,且为非重要面,可以通过加工的方式去除表面残渣,所以将底座外表面设为分型面是可行的。

## 2.5 铸造工艺参数的设定

底座上表面易产生砂眼、夹杂等缺陷,可适当加大该面的加工余量,设置为5 mm,其余加工面设置加工量为4 mm。铸件的收缩率取1.2%。

## 2.6 浇注方式的确定

铸件较高,两支脚壁薄,支脚底部间仅有截面为50 mm×30 mm连接筋。为了快速平稳充型,保证金属液充型顺畅,采用两侧隙缝式浇注方法,这种浇注方法的优点是,液流沿铸型高度方向自下而上顺序通过缝隙浇口,一次平稳充填铸型,既能如底注那样,保证液流平稳充型,利于排气排渣;又能如顶注那样,具有自下而上顺序凝固条件,有利于冒口补缩<sup>[2]</sup>。

铸件底部为圆弧形结构,所以采用侧注式与缝隙式复合浇注方法。考虑到砂型铸造易产生夹杂,且铸件毛坯重量不是很大,所以采用半封闭式浇注系统,设置专用浇注系统,直浇道、横浇道、内浇道总截面积比为 $\sum A_{直} : \sum A_{横} : \sum A_{内} = 1 : 4.7 : 2$ <sup>[3]</sup>,其中隙缝浇道中圆柱尺寸为 $\Phi 30$  mm,缝隙长为25 mm,厚度为11 mm。造型时在内浇道前端设置过滤网,一方面降低铝液对铸型的冲击力,防止冲砂;另一方面,可以避免铝液产生紊流,保证铝液充型平稳<sup>[4]</sup>。

## 2.7 冒口及冷铁的设置

采用热节圆法设置6个补缩冒口,分别分布在铸件顶部,如图4所示。全部采用明冒口,有利于金属液在充型过程中的排渣、排气及液态补缩。

在铸件圆弧内侧凸台处放置冷铁,一方面保证由下向上的顺序凝固方式;另一方面为了加强轴孔处的补缩,避免该处出现缩孔缩松等缺陷。冷铁选择与铸件同材质,冷铁形状根据冷铁安放位置铸件形状确

表1 铸件化学成分要求

Table 1 Chemical composition requirements of casting  $w_B/\%$

Si	Mg	Mn	Fe (S)
0 ~ 10.5	0.17 ~ 0.35	0.2 ~ 0.5	≤0.6

表2 铸件力学性能要求

Table 2 Mechanical properties requirements of casting

热处理状态	抗拉强度/MPa	伸长率/%	硬度HB
淬火+人工时效	≥225	≥2	≥70

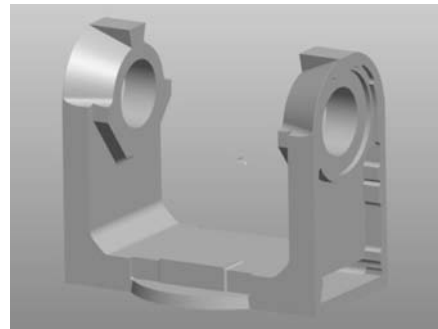


图1 U型支架结构图

Fig. 1 3D model of U type bracket

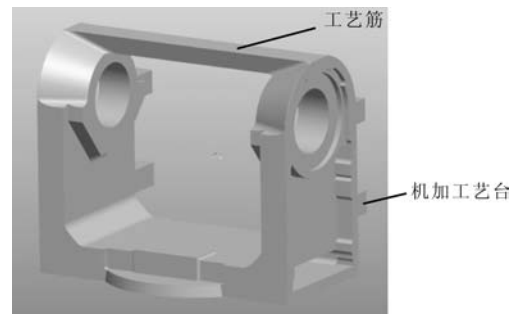


图2 工艺筋设计

Fig. 2 Position of reinforcement rib

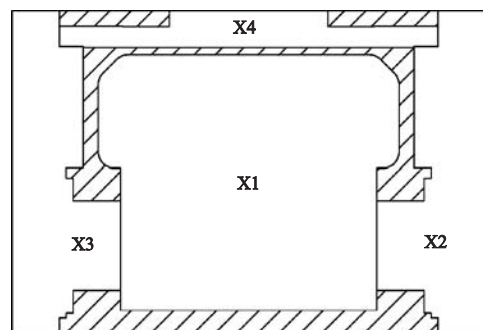


图3 砂芯设计图

Fig. 3 Sand cores design

定。冷铁分布如图4所示。

### 3 铸造模拟仿真

运用ProCAST铸造模拟仿真软件对铸件进行数值模拟,设置材料为ZL104,造型用呋喃树脂砂,浇注温度为700℃,砂型温度20℃,砂芯温度20℃。冷却方式为空冷。

#### 3.1 铸件充型过程模拟

U型支架的充型过程如图5所示。液流沿铸型高度方向自下而上顺序通过缝隙浇口,经过隙缝浇口的缓冲,进入铸型的液流更加平稳,避免了紊流的产生。整个充型过程由下至上层次分明,充型过程平稳。铸件充型完毕后,金属液最后进入冒口位置,温度由下向上呈上升趋势,冒口位置温度较高,在放置了冷铁的位置温度较低。

#### 3.2 铸件凝固过程模拟

由铸件凝固顺序图(图6)可以看出,整个U型支架实现了由下向上的顺序凝固。冒口为最后凝固位置,凝固过程中不存在明显局部热节,补缩良好,有效防止出现缩孔缩松缺陷。铸造工艺筋早于铸件凝固,能有效起到防止铸件变形的作用。

#### 3.3 铸件缩孔、缩松分析

图7为铸件缩孔、缩松分布模拟图,从图中可以看出,缩孔缩松主要分布于浇注系统、冒口及工艺筋处。底座处存在个别几处缩孔、缩松缺陷,但满足Ⅱ类铸件非重要面的质量要求。重要面两支脚轴孔处未出现缩孔、缩松等缺陷。

## 4 工艺生产验证

按照工艺设计方案进行一型一件的工艺布局。模具设计与制作中对模具结构、尺寸及配合性进行检查,确定无误后投入造型生产。造型操作前对模具涂抹脱模剂,涂抹要适量、均匀,待晾干后进行造型、制芯。采用中频感应电炉对铝合金进行熔炼,并于电阻保温炉内进行精炼、变质处理,炉前制作试块,冷却凝固后进行光谱检测,确定化学成分合格后以备浇注。采用浇包浇注,控制浇注温度于700~710℃范围内,浇注速度控制在11~13s内。浇注结束6h后进行开箱震动清砂,切除掉浇注系统和冒口。清理完成后对铸件毛坯及随炉试样进行T6处理,即淬火+人工时效热处理操作。淬火温度为 $(535 \pm 5)$ ℃,冷却介质为60℃温水;时效温度为 $(175 \pm 5)$ ℃,随炉冷却。热处理完成后对铸件毛坯尺寸进行检验,并进行校形。铸件冷却清理后,进行力学性能检验。

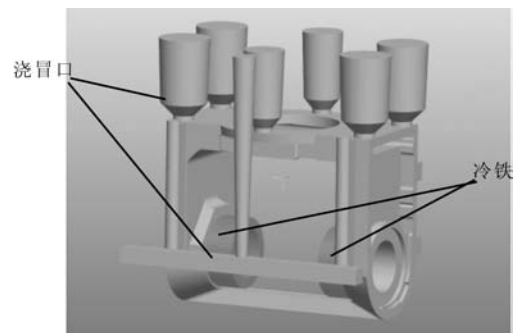
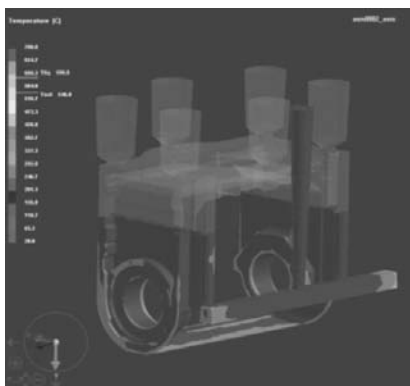
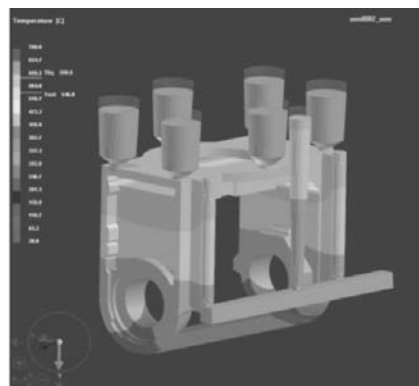


图4 三维铸造工艺图

Fig. 4 3D casting process drawing



(a) 充型50%



(b) 充型98%

图5 铸件充型模拟

Fig. 5 Simulation of mold-filling process

## 5 检验结果

经检验铸件毛坯整体质量良好，轮廓清晰，内外表面平整，未发现裂纹、缩孔、缩松、冷隔等铸造缺陷。局部出现少量飞边，打磨清理即可，如图8所示。

对随炉试样进行检验，铸件化学成分检测结果符合技术条件要求；力学性能检测结果符合技术条件要求。通过后期机械加工检验，铸件尺寸合格，且加工面无目视缺陷，已经通过客户联合验收检查。

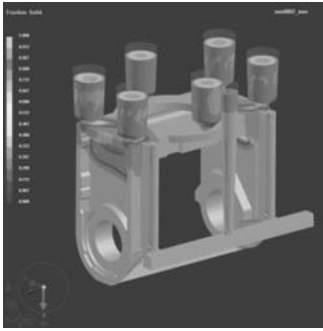


图6 铸件凝固过程模拟

Fig. 6 Simulation of solidification process

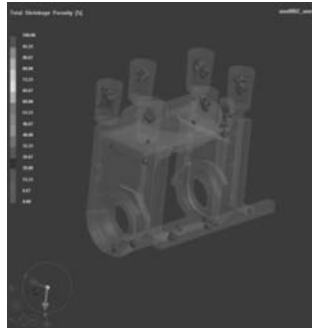


图7 铸件缺陷分布

Fig. 7 Simulation of casting defects distribution



图8 铸件实物图

Fig. 8 Produced U type bracket casting

## 6 结束语

采用ProCAST数值模拟仿真软件辅助铸造工艺设计，确定合理的浇注及补缩系统，明显缩短了试制时间，是铸件一次性试制成功的有效途径。缝隙浇注方

法的使用，有效避免了薄壁铸件在浇注的过程中产生的液流不稳的现象，得到了符合质量要求的铸件，攻克了U型支架的铸造难题，为今后研制复杂U型件打下了坚实的基础。

### 参考文献:

- [1] 铸造用模手册编写组. 铸造用模手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1987.
- [2] 柳百成, 黄天佑. 铸造成形手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [3] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册: 铸造工艺 [M]. 第2版. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 郭继彬. 支架压铸件数值模拟及工艺研究 [D]. 沈阳: 沈阳理工大学, 2011.

## Casting Process Design of U Type Bracket

LI Yan-xia

(Hebei Hanguang Industry Co., Ltd., Hebei Machine Vision and Image Understanding Technology Innovation Center, Handan 056028, Hebei, China)

### Abstract:

According to the technical specification requirements and structure characteristic of U type bracket casting, the sand cores, gating system, riser, chill and other process methods were designed, and then the mold-filling process and solidification process of the casting were simulated by using ProCAST numerical simulation software. Based on the simulation results, the reasonable gating and feeding system was determined. Finally, the castings were produced in accordance with the determined process, and the qualified castings were obtained, which proved the rationality of the casting process planning.

### Key words:

U Type bracket; ZL104; numerical simulation; casting process