# 金川11 $m^3$ 钢渣罐的设计开发与制造

肖海忠,武文秀

(包钢集团机械设备制造有限公司铸钢分公司,内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 文章介绍了金川公司110万t铜炉渣选矿工程钢渣罐的设计开发与制造,根据技术协议要求,经过结构设计、材料选取、计算机模拟和铸造工艺方案的优化,达到了盛装有色金属渣的设计要求,保证了铸钢渣罐铸件的开发和生产,最终产品质量稳定,满足了客户的使用要求。

**关键词:** 钢渣罐; 模拟; 一体模

**中图分类号:** TF341.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)06-0067-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.06.019

# Design Development and Manufacturing of 11 $m^3$ Steel Slag Ladle of Jinchuan Company

*Xiao Hai-zhong, Wu Wen-xiu*

(*Cast Steel Branch Co. of Mechanical Equipment Manufacturing Co., Ltd. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

**Abstract:** In the paper, the design development and manufacturing of steel slag ladle for the mineral processing of 1.1 million tons of copper slag in Jinchuan Co. are introduced. According to the requirements of the technical agreement, the design requirements for loading the non-ferrous metallic slag are met through structural design, material selection, computer simulation and optimization of casting process plan so that the development and production of casting of cast steel slag ladle are guaranteed. As a result, the final product quality is stable and could meet the use requirements of customers.

**Key words:** steel slag ladle; simulation; integrated mould

机制公司经前期市场调研并且及时与用户沟通,根据金川集团的要求开发盛装有色金属渣铸钢渣罐。自立项以来,攻关小组围绕铸钢大型渣罐产品的结构设计,材料选取,计算机模拟凝固,铸造工艺、工装设计与优化,消缺完善和产品优化等内容开展活动,盛装有色金属渣铸钢渣罐制作技术逐渐成熟,产品质量稳定,实现了批量生产,形成了稳定的市场。

## 1 渣罐产品设计要求

钢渣、铜渣热喷淋冷却及粉化技术是冶金企业最近几年发展起来一项对炉渣中的贵重合金和金属进行二次开发和利用的技术。铜渣热喷淋渣罐的设计与制造由于受到渣罐特殊工况条件的影响,在国内仅限于几个厂家生产且均处于技术保密状态,我公司以往生产制造的热喷淋铜渣渣罐仅限于山东恒邦和山东东瀛两个厂家的6 $m^3$ 渣罐,且只承担制造

**收稿日期:** 2018-03-15

**作者简介:** 肖海忠(1986-),男,内蒙古锡林浩特市人,工程师,现从事铸造生产管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

生产不承担设计工作。铜渣热喷淋渣罐的设计特点均为厚壁高强度结构，罐体选材应充分满足抗热喷淋时反复作用于罐体上热疲劳特性。

厂家要求渣罐容积为 11 $m^3$，铜渣有效装载重量 45 t，渣罐的设计与制造须满足冶炼厂装载、铁路渣车运输、抱罐车运输倾翻等多种相关配套设备的兼容性、同时满足渣罐在满载铜渣的情况下高温热喷淋冷却水和铜渣降温至 500 ℃时在空气自然状态中缓冷 72 h 过程中反复装载、喷淋冷却缓冷工况要求，渣罐要求具备高温装载、盛载、吊运运输、喷冷、缓冷时的安全性，渣罐保质期达到两年以上。

### 1.1 渣罐工艺设计参数

外形尺寸：Φ3 240 mm × 2 900 mm；渣罐壳体（包括耳轴）总重：25.6 t；渣罐容积：11 $m^3$；渣罐有效容积：9.35 $m^3$；渣总重（$\rho$ = 3.7 t/$m^3$）：34.595 t。

罐底壁度：120 mm，灌口壁度：100 mm。渣包与渣总重（有效容积指总体积的 85%）：61.595 t。

### 1.2 渣罐结构特点

11 $m^3$ 渣罐用于金川集团有限公司选矿厂铜炉渣的盛载、倒运。用户要求渣罐重量是26 t、容积 11 $m^3$，最大装入渣量为 34 t。为满足用户要求及根据我厂实际情况进行设计渣罐重量为 25.6 t、容积 11 $m^3$，最大装入渣量为 34.595 t。为此我们做出以下几点：

（1）根据使用要求和有利于铸钢件的凝固收缩，结合铸钢件结构的特点，对渣罐结构、壁厚、重量、容积、倾翻进行计算和设计。渣罐主要尺寸如图 1 所示。

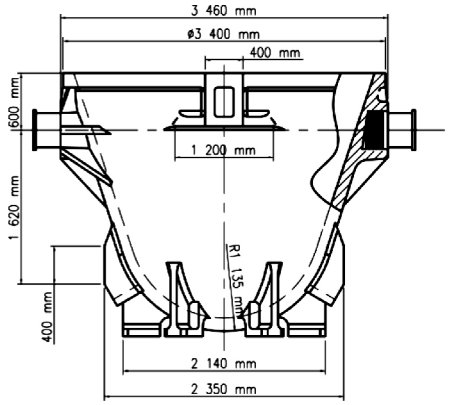



图1 渣罐尺寸

（2）降低铸钢渣罐重量，增大有效容积。

（3）增加渣罐底部厚度，既可降低罐体的重心，又可保证渣罐的使用周期。

（4）重新设计耳轴，耳轴部位进行加强，提高安全性。

（5）改变支轴结构，增加底部支座，更加适应处理介质为合金炉渣。

根据以上情况建立渣罐的实体三维模型效果图，实体模型如图 2 所示。

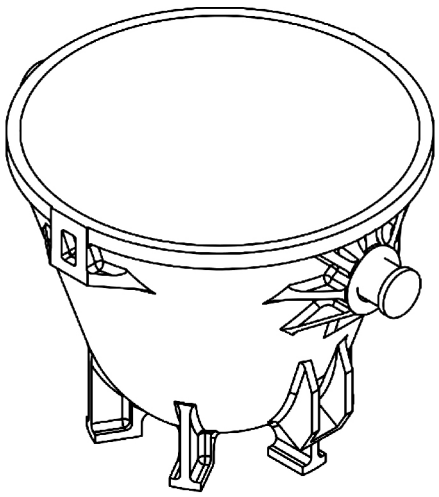


图2 渣罐三维图

### 1.3 耳轴强度校核

耳轴材质为 35 调质，$\sigma_s$ = 275 MPa，$\sigma_b$ = 530 MPa；

渣罐盛满钢渣后的总重量 $G_{重}$ = 593.88 kN；

单个耳轴上所受力：$F = G_{重}/2$ = 296.94 kN；

对耳轴的强度校核可以简化为对一简支梁进行强度校核，故参照图 3 和图 4，有危险截面的最大弯矩：

$$M_{max} = P = 64\,886.8\ \text{Nm}$$

危险截面的抗弯截面系数：

$$W = \frac{\pi D^3}{32} = 1.356 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$$

校核危险截面的安全系数：

$$S_\sigma = \frac{\sigma_s}{\frac{M_{max}}{W}} = 5.12$$

$\sigma_s$ 为35 调质的屈服点；查表知其静屈服强度许用安全因数 $S_p$ = 5，因 $S_\sigma$ 大于 $S_p$，所以耳轴的强度足够。

中国知网 https://www.cnki.net

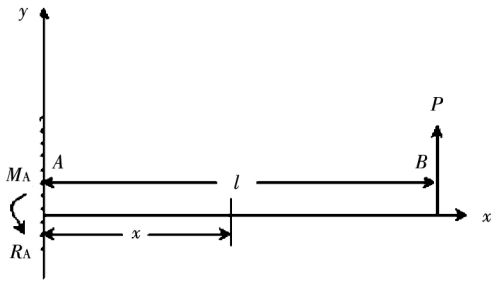



图 3　简支梁受力分析示意图

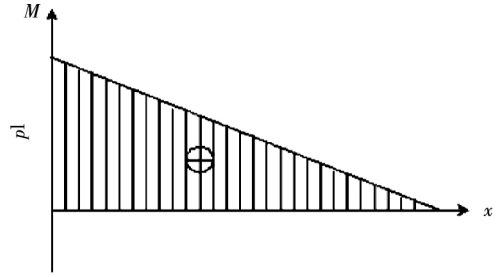



图 4　简支梁弯距变化

### 1.4　计算结果

综上分析可知，所设计的 11 $m^3$ 金川渣罐的耳轴强度符合安全标准要求，罐体满足了铸钢件结构的特点，对重量、容积和倾翻重心的使用要求。

## 2　11 $m^3$ 金川渣罐制造

### 2.1　化学成分及力学性能

根据金川渣罐使用条件和使用情况，渣罐的罐体材料选用 ZG20RE，加入稀土元素的渣罐，综合性能好，并具有了耐激冷、激热的性能，以及抗腐蚀、抗氧化性能，并能经受高温炉渣的热袭、冲刷、浸蚀，且能够适应热喷淋铜渣渣罐等恶劣工作环境。耳轴材料选用 35 锻件。渣罐的化学成分见表 1。渣罐的力学性能参数见表 2。

### 2.2　铸造材料选取及制造工艺流程图

机制公司铸钢车间在制作大型铸钢类渣罐使用石灰石水玻璃自硬砂。主要原材料有：废钢、生铁、合金、30～50 目石英砂、40～70 目石灰砂，醇基锆英粉涂料。工艺流程为：铸造工艺设计→造型、制芯→合箱→浇注→清整→热处理→检验→包装运输。

表 1　金川渣罐的渣罐本体及耳轴化学成分(质量分数)　%

| | C | Si | Mn | P | S | RE 加入量 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 渣罐本体 | 0.18～0.24 | 0.20～0.50 | 0.60～0.90 | ≤0.040 | ≤0.040 | ≥ 0.14 |
| 耳轴 | 0.32～0.40 | 0.17～0.37 | 0.50～0.80 | ≤0.035 | ≤0.035 | |

表 2　11 $m^3$ 渣罐的渣罐本体及耳轴力学性能参数

| | $\sigma_b$/MPa | $\sigma_s$/MPa | $\phi$/% | $A_{kv}$/J | $\rho$/(g·$cm^{-3}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 本体(退火) | ≥450 | ≥230 | ≥32 | ≥25 | 7.82 |
| 耳轴(调质) | ≥530 | ≥275 | ≥40 | ≥39 | 7.85 |

### 2.3　铸造工艺设计

#### 2.3.1　模型和浇注位置的确定

(1) 模型。选用木质一体模结构，保证内外整体成型。木质模型渣罐各部位结构图如图 5 所示。

(2) 浇注位置。根据渣罐其结构特点和铸造性能，采用罐底向上，罐口向下的浇注位置。

#### 2.3.2　造型方式及造型材料

铸件外型、大芯均采用实样造型。型砂、芯砂选用 40～70 目水玻璃石灰石复合砂。

#### 2.3.3　浇注系统设计

(1) 为了使钢水充型平稳，浇注系统采用阶梯开放式，各组元断面比为：$\sum F_{直}$：$\sum F_{横}$：$\sum F_{内}$ = 1.0∶1.2∶1.7。为了防止局部过热造成冲砂，粘砂缺陷，把内浇口落到罐口处环形并采用搭接缓冲方式与横浇道连接[1]。

(2) 冒口采用圆柱保温明冒口并加入覆盖剂，渣罐设置 Φ750 mm，高 1 200 mm 冒口 1 个，支撑部位六个底座采用暗冒口，设置 Φ300 mm 高 450 mm 冒口 6 个。

中国知网　https://www.cnki.net

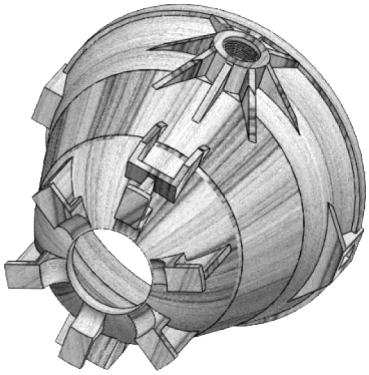


图5 木质模型渣罐各部位结构图

2.4 计算机数据模拟分析

对11 $m^3$ 金川渣罐采用华铸CAE软件在渣罐工艺设计中进行计算分析。通过观察该渣罐的凝固过程组图可以判断出铸件易产生的缩孔、缩松区域为罐底底部部位、支轴包和耳轴包与加强筋及罐体交接区域、罐口法兰靠近内浇口区域。

进行工艺改进，在罐口法兰、罐底支座、加强筋与罐体交接处设置Φ12 mm圆钢内冷铁，以调整此处的凝固速度，避免缺陷产生，达到了优化工艺的目的。

2.5 电弧炉冶炼控制要点

2.5.1 化学成分及冶炼控制

ZG20RE化学成分中元素成分标定范围也较大，但通过我们以往数理统计分析，各元素对渣罐的凝固收缩、裂纹形成、使用寿命有一定影响，要求大型铸钢渣罐成分控制有以下几条原则[2]：

(1) 碳质量分数波动控制在中限0.05%范围以内。

(2) 锰质量分数控制在规格内上限。

(3) 硫、磷有害元素控制在规格内下限。

(4) 合金元素控制在中限范围。

(5) 在目前电弧炉冶炼的基础上，对钢水包进行改造，对钢水进行吹氩精炼，达到净化钢液的目的。

2.5.2 浇注原则

经过摸索，积累经验。在实际生产中要坚持“低温快浇”的原则，出钢温度为1 610～1 630 ℃，浇注温度为1 560～1 580 ℃，以保证钢水的上升速度和凝固收缩的要求。

2.6 热处理

为了保证机械性能，去除内应力，渣罐需进行退火热处理。热处理工艺为：起始温度300 ℃，升温速度100～120 ℃/h，升到650 ℃时保温2 h，继续升温，升温速度为100～120 ℃/h，升到850 ℃时保温4 h后关火随炉冷却。

2.7 检验

2010年4月，首件产品制作完成，通过外观、各部尺寸、机械性能、探伤检查，达到技术要求并通过了联检，用户非常满意。

## 3 结束语

经生产验证和产品检验，渣罐各部尺寸，机械性能等技术要求，都能达到要求，并通过了联检，保证了渣罐的设计开发和制造，使我公司成为能够独立研发、生产盛装有色金属铸渣罐的专业制造厂家。我们还通过总结、消化、吸收、扩展到其它铸钢类渣罐的产品，其产品在国内有较高的声誉，并成功的打入国际市场。

## 参 考 文 献

[1] 机械工程学会铸造分会. 铸造手册(工艺)[M]. 北京：机械工业出版社，2004.

[2] 陈国桢，肖柯则，姜不居. 铸件缺陷和对策手册[M]. 北京：机械工业出版社，2007.

中国知网 https://www.cnki.net