

熔模铸造

熔模铸造生产线技术改造

丑幸荣

(广东白云学院, 广东广州 510450)

摘要: 指出了河南中原精密铸造有限公司原熔模铸造生产线能耗高、产品质量低、工人劳动强度大的缺点; 介绍了该生产线技术改造的方法, 重点论述了铸工输送器、焙烧小车、挡车机构、落件机等主要设备的工作原理和设计计算; 阐明了生产线改造后的技术经济效益。

关键词: 熔模铸造; 技术改造; 挡车机构

中图分类号: TH122; TG249.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4977(2008)06-0585-04

Technical Renovation of Investment Casting Production Line

CHOU Xing-rong

(Guangdong Baiyun Institute, Guangzhou 510450, Guangdong, China)

Abstract: Due to low quality of products, high labor intensity and high energy consumption existing in the old investment casting production line in He'nan Zhongyuan Investment Casting Co., Ltd., the technical renovation was performed. The methods of renovating the facilities on the line, especially the casting-conveyer, roasting wheelbarrow, roasting kiln and electromagnetic workpiece-drop machine, etc., are presented in the paper and the economic benefits of the new production line are also expounded.

Key words: investment casting; technical transformation; stop-mechanism

1 原熔模铸造生产线存在的问题

河南中原精密铸造有限公司原熔模铸造生产线由三台双排贯通式煤气焙烧炉、铸工输送器, 砂箱、风动送砂等组成, 存在以下主要问题。

(1) 生产能力低, 年产量不足1 300 t。主要是炉温低, 热效率低所致。

(2) 耐热钢耗量大。砂箱和炉内导轨均用耐热钢制成。按年产1 300 t计, 每年需耗约69 t耐热钢, 价值百万元。

(3) 动能消耗大。原线三台煤气炉, 全年煤气耗量达13 170 000 m³, 10台电机总耗用功率达96.4 kW。

(4) 铸件质量不稳定、废品率高。由于模壳装于砂箱内, 并填入砂子, 造成壳温冷却不均, 上下温差较大, 不能满足浇注工艺要求, 经常出现裂纹、冷隔、浇不足、铁豆等铸造缺陷。另外, 由于砂箱在炉内运行不稳、模壳互相摩擦碰撞破裂, 经常引起跑火。

(5) 劳动强度大、温度高、粉尘大, 工人作业条件差。

为解决以上问题, 对原生产线进行了彻底地技术改造, 成功设计并建成了一条新型熔模浇注生产线。

2 新型熔模铸造生产线简介及特点

2.1 新生产线简介

图1为新生产线示意图。它由贯穿全线的铸工输送器, 一台长15.6 m贯通侧燃式新型工业用炉——焙烧炉, 挡车机构, 磁盘落件机, 加砂斗, 焙烧小车等主要机构组成。

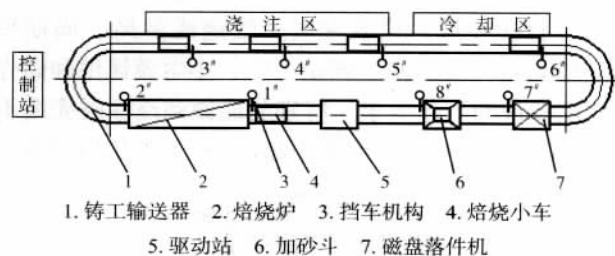


图1 新型熔模浇注生产线

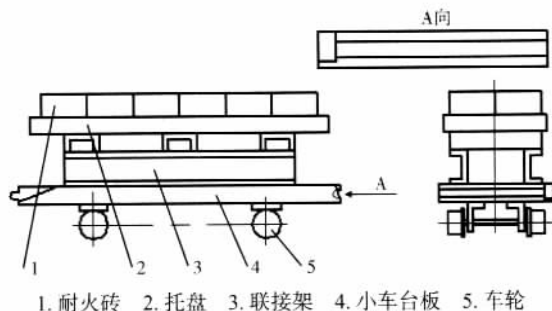
Fig. 1 New investment casting production line

新生产线的工艺流程: 铸工输送器在驱动站驱动下, 以速度4 m/min顺时针断续运行。在其小车台面上置有焙烧小车。当焙烧小车运行至加砂斗下方时, 向焙烧小车的托盘上加砂 把模壳放在焙烧小车托盘上 进炉焙烧 浇注 冷却 磁盘落件, 完成一次循环^[1]。

2.2 新生产线特点

如图2所示,取代耐热钢砂箱的焙烧小车,其外形尺寸长、宽、高为1 080 mm×600 mm×720 mm。车上部的焙烧框由高温铸铁制成的托盘,四周砌上标准耐火砖组成。在托盘和四周耐火砖构成的长方形槽中,底部铺一层轻质耐火砖,再覆盖60~80 mm厚的1号石英砂,其上可装25组模壳。焙烧框代替了砂箱,这种设计取消了耐热钢。此外,小车台板前端设计成长条圆形凸块、后端为长条圆形凹槽。当焙烧小车进入炉内,相邻小车应首尾相接,此设计可保证车与车之间在台板处不出现缝隙,防止火焰窜入车子下部烧坏轴承等部件。

焙烧小车的运行由铸工输送机拖动。在铸工输送机小车台面板上设计有轨道,焙烧小车轮子位于此轨道上,一般随铸工输送机一同运行。当焙烧小车需在指定位置停止时,由挡车机构挡住小车,使焙烧小车停止运行。此时,铸工输送机与焙烧小车轮子产生相对运动。

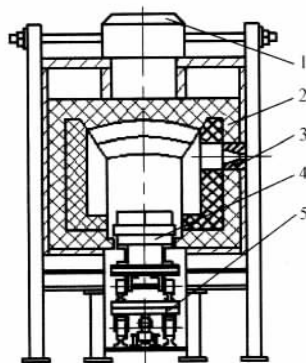


1. 耐火砖 2. 托盘 3. 联接架 4. 小车台板 5. 车轮

图2 焙烧小车

Fig. 2 Roasting wheelbarrow

焙烧炉为使焙烧小车穿炉通过^[2],由原来封底式设计成敞底式(图3)。它具有炉膛紧凑、横截面小、无耐热钢、炉温高(可达1 030℃)、燃烧充分、火焰均匀、直接喷烧、热效率高、焙烧质量高、周期短(80~120 min)等特点。满足了中、小熔模铸件和高壳温浇注铸件的工艺要求。特别是能做到浇注时壳温不低于650℃,模壳上下温差不超过100℃的熔模铸造工



1. 烟囱 2. 炉衬 3. 直焰烧咀 4. 焙烧小车 5. 输送机

图3 焙烧炉

Fig. 3 Roasting kiln

艺条件。提高了模壳尺寸稳定性和生产薄壁铸件的可能性^[3]。

磁盘落件机取代落砂,效果良好。

此外,全线机械动作通过控制室集中控制,也可各工序单独操作,机械化和自动化程度较高。

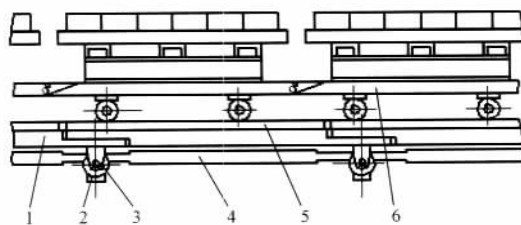
3 新生产线机械设计

3.1 铸工输送机及驮载焙烧小车

输送机驮载焙烧小车如图4所示。铸工输送机采用双轮闭式铸工输送机,全线展开长度151.2 m,两端转弯半径2.3 m,转弯角度180°,运行速度 $v=4$ m/min,每小时小车节数=200。

全线共有126节输送小车。小车台面宽度 $B=520$ mm,台面长度 A (=节距 T)=1 200 mm,牵引链条节距 $t=1$ 200 mm,牵引链条最大许用拉力 $F=2$ 500 kg。

车轮轨道为11#号轻轨,轨距 $b=400$ mm。



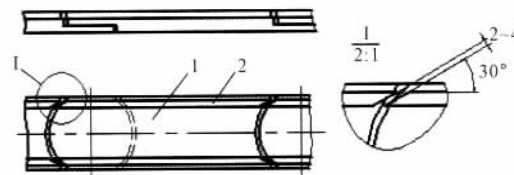
1. 小车台面板 2. 导轮 3. 小车走轮 4. 牵引链 5. 导轨 6. 焙烧小车

图4 输送机驮载焙烧小车

Fig. 4 Casting-conveyor carrying the roasting-wheelbarrow

3.1.1 小车台面板的设计

由于焙烧小车位于输送小车台面板上,且需具有相对运动,故在输送小车台面板上需安装轨道,如图5所示。为防止转弯时相邻两轨道互相干涉和减轻焙烧小车运行到轨道对接处时的振动,使其运行平稳,相邻两轨道处设计成30°倾斜角,并留有2~4 mm的间隙。



1. 小车台面板 2. 导轨

图5 小车台面上导轨设计

Fig. 5 Design of rail on casting-conveyor

焙烧小车转弯时,为防止翻车,每台焙烧小车必须位于一节输送小车台面板上,间隔运行,而不能跨在两节输送小车台面板上。因此,在输送轨道进入转弯处,利用输送小车行走轮触及挡车机构信号开关,使挡车机构动作,将焙烧小车分隔在每一节输送小车台面板上,形成一个自动定位系统。

3.1.2 传动装置牵引力的计算

采用加入阻力系数的方法计入焙烧小车产生的摩

擦阻力和惯性冲击力的影响。

图6为生产线张力计算简图。图中： $l_1=20\text{ m}$ ， $l_2=23.4\text{ m}$ ， $l_3=68.4\text{ m}$ ， $l_4=5\text{ m}$ ， $l_5=18\text{ m}$ ， $l_6=2\text{ m}$ ，弯道长 $l_w=7.2\text{ m}$ 。

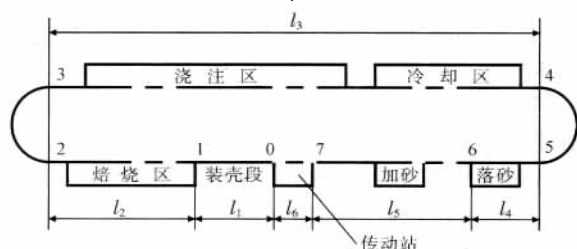


图6 铸工输送机牵引力计算简图

Fig. 6 Sketch plan of drag force calculation of casting-conveyer

设：铸工输送机单节小车重 $G_0=250\text{ kg}$ ，熔烧小单车重 $G_1=350\text{ kg}$ ，单车模壳重 $G_2=80\text{ kg}$ ，单车铸件组重 $G_3=150\text{ kg}$ ，转弯段铸工输送机导轮阻力系数 $K=1.15$ ，转弯段运动阻力系数 $f=0.2$ ，直线段运动阻力系数 $f=0.02$ 。

铸工输送机最不利工作条件为：全线按40辆熔烧小车计，分布情况取7—0段 $n_0=1$ ，0—1段 $n_1=8$ ，1—2段 $n_2=10$ ，3—4段 $n_3=18$ ，5—6段 $n_5=2$ ，6—7段 $n_6=1$ 。除7—0段外，其余各段熔烧小车与输送小车台面板上导轨均有相对运动。

0点张力 $S_0=G_0 l_6 f / T+2G_1 f=22.3\text{ kg}$

1点张力 $S_1=S_0+G_0 l_1 f / T+2n_1(G_1+G_2)f=243.3\text{ kg}$

2点张力 $S_2=S_1+G_0 l_2 f / T+2n_2(G_1+G_2)f=512.8\text{ kg}$

3点张力 $S_3=S_2 K+G_0 l_w f / T=889.7\text{ kg}$

4点张力 $S_4=S_3+G_0 l_3 f / T+2n_3(G_1+G_2+G_3)f=1\,592.3\text{ kg}$

5点张力 $S_5=S_4 K+G_0 l_w f / T=2\,131.2\text{ kg}$

6点张力 $S_6=S_5+G_0 l_4 f / T+2n_5(G_1+G_2+G_3)f=2\,198.4\text{ kg}$

7点张力 $S_7=S_6+G_0 l_5 f / T+2n_6 G_1 f=2\,280.4\text{ kg}$ （即4行链条张力）

传动装置牵引力 $F=S_7=2\,280.4\text{ kg}$ （<牵引链条最大许用拉力 $F=2\,500\text{ kg}$ ）

电动机功率 $N=FVK/(60 \times 102)=2.56\text{ kW}$ ，取 $N=3\text{ kW}$ 。式中：铸工输送机运行速度 $v=4\text{ m/min}$ ，安全系数 $K=1.2$ ，传动装置效率 $\eta=0.7$ 。

3.2 挡车机构

3.2.1 挡车机构工作原理

挡车机构由回转气缸、挡头和支架等组成（图7）。其作用是控制熔烧小车停止或随铸工输送机一同运行。

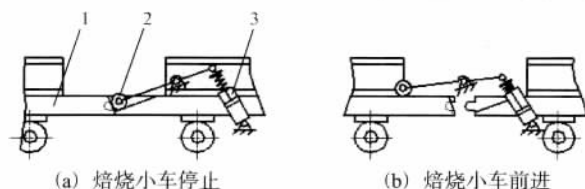


图7 挡车机构工作原理

Fig. 7 Working principle of stop-mechanism

当气缸上腔无压力空气时，在弹簧力的作用下，挡头向下阻挡熔烧小车运行。此时，熔烧小车轮与铸工输送机输送小车台面板上导轨相对转动。当控制电磁气阀使气缸上腔进入压力空气时，气缸活塞向下运动，使挡头抬起，熔烧小车随铸工输送机一同运行。

全线共设八个挡车点，如图1所示，即炉子前后面两点、浇台三点、冷却段末端转弯处一点、磁盘落件和加砂处各一点。其中，处于转弯处的2#和6#点挡车机构兼有分隔熔烧小车的作用，将熔烧小车分隔在每一节输送小车台面板上，保证熔烧小车正常转弯。

2#和6#点挡车机构分隔熔烧小车时，利用输送小行走轮触及信号开关，自动控制挡车机构进行分隔动作。分隔过程如下。

(1) 在挡车机构阻挡有熔烧小车的情况下，当输送小车行走轮触及信号开关时，电磁气阀控制气缸上腔进入压力空气，挡车机构的挡头抬起，第一台熔烧小车放行。

(2) 行走轮离开信号开关时，气缸上腔泄气，在弹簧的作用下，挡头压在熔烧小台面面上。

(3) 随着输送机和熔烧小车的运动，当挡头进入两台熔烧小车的分隔槽时，挡头又自动阻止第二台小车运行，两车被分隔。当输送小车行走轮再一次触及信号开关时，重复第（1）步。

3.2.2 挡车机构最大挡车力计算

按一次挡住 $n=15$ 辆熔烧小车计算。挡车力 F 由车轮与轨道运动阻力 F_1 和熔烧小车惯性力 F_2 叠加而成。

运动阻力 $F_1=n(G_1+G_2+G_3)f=174\text{ kg}$

惯性力 $F_2=n(G_1+G_2+G_3)a/g=59.4\text{ kg}$

挡车力 $F=F_1+F_2=233.4\text{ kg}$

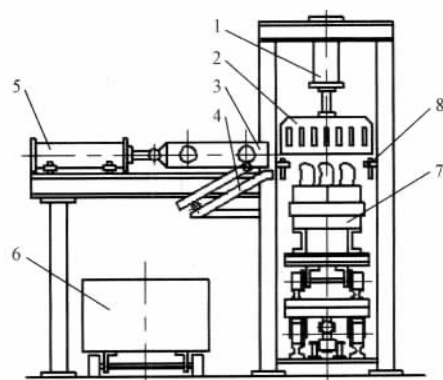
式中：小车加速度 $a=0.07\text{ m/s}^2$ （按车速在1 s内从 $v=4\text{ m/min}$ 降为 $v=0$ 计算）。

注意，挡车力 F 主要用来计算挡车机构中各个部件的机械强度，气缸的载荷主要是弹簧的作用力，而非挡车力 $F^{[4]}$ 。

3.3 磁盘落件机

磁盘落件机^[4]利用钢铸件具有磁性的原理，采用电磁吸盘进行落件，代替传统的落砂设备，效果良好。如图8所示。

磁盘落件机主要由油缸、磁盘、接件小车、斜坡轨道、气缸及油泵站等组成。油泵站驱动油缸1使磁盘2作上下垂直运动，气缸5驱动接件小车作水平往复运动。磁盘下降高度由可调支承8调整，使铸件组顶端与磁盘之间具有15~35 mm的间距。磁盘落件机由四根立柱横跨在铸工输送机上。当铸工输送机驮载熔烧小车运行至磁盘下方时，被7#点挡车机构挡住，磁盘通电充磁吸住全部铸件，磁盘上升，接件小车被气缸推至磁盘下方，磁盘断电去磁，全部铸件落入接件小车



1. 油缸 2. 磁盘 3. 接件小车 4. 斜坡轨道 5. 汽缸
6. 吊件框 7. 焙烧小车 8. 可调支承

图8 磁盘落件机

Fig. 8 Electromagnetic workpiece-drop machine

内 接件小车返回。接件小车返回原位时，其活动底板沿斜坡轨道自动打开，全部铸件落入吊件框内被送至清理车间。开启挡车机构，空车随输送小车继续运行至加砂斗下方，全部工序完成。一次落件过程，时间不超过30 s。

4 熔模浇注生产线改造技术经济效益

(1) 年产量由1 300 t增加到1 600 t生产能力提高

23%。

(2) 新生产线不用耐热钢，煤气单耗量由10 131 m³/t降为5 590 m³/t，按年产1 600 t计，加上电能等节约价值，全年共节约150万元左右，是投资30万元的5倍。

(3) 与产量相当的其他形式生产相比，该生产线占地面积小、投资少、收效快。

(4) 由于新生产线适应高温模壳、薄壁环状铸件的浇注工艺要求，废品降低、质量提高。抽样检查结果：冷隔、浇不足废品率和“皮下气孔”废品率均降低30%，钢液成品率平均提高5%。

(5) 除装壳和浇注仍为手工操作外，其余工序自动化程度大大提高。操作人员只需按动电钮便可完成进出炉、转弯、冷却、磁盘落件等作业，减轻了原造型工序的劳动强度，同时也减少了环境粉尘。

参考文献：

- [1] 陈士梁，等. 铸造机械化 [M]. 北京：机械工业出版社，1984.
- [2] 曹瑜强. 铸造工艺及设备 [M]. 北京：机械工业出版社，2003-10.
- [3] 中国机械工程学会铸造专业学会. 铸造手册（第6卷）特种铸造（第2版）[M]. 北京：机械工业出版社，2006-08.
- [4] 濮良贵. 机械设计（第六版）[M]. 北京：高等教育出版社，1998.

(编辑：张允华，zyh@foundryworld.com)

(上接第 581 页)

- cubical enclosure with various electroconductivities of the wall under the magnetic field [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 1998, 41 : 1917.
- [5] Beitelman L. Effect of mold EMS design on billet casting productivity and product quality [J]. Canadian Metallurgical Quarterly, 1999, 38 (5) : 301.
 - [6] Spitzer K H, Reiter G, Schwerdtfeger K. Multi-frequency electromagnetic stirring of liquid metals [J]. ISIJ International, 1996, 36 (5) : 487.
 - [7] Birat J P, Chone J. Electromagnetic stirring on billet, bloom, and slab continuous casters: state of art in 1982 [J]. Ironmaking and Steelmaking, 1983, 110 (6) : 269.
 - [8] Getselev Z V. Casting in an electromagnetic field [J]. Journal of Metals, 1971, 23 (10) : 38.
 - [9] Vives C. Electromagnetic refining of aluminum alloys by the CERM process: part . Working principle and metallurgical results [J]. Metallurgical Transactions, 1989, 20B : 623.
 - [10] Vives C. Electromagnetic refining of aluminum alloys by the CREM process: part . Specific practical problems and their solutions [J]. Metallurgical Transactions, 1989, 20B : 631.

- [11] 张北江, 崔建忠, 路贵民, 等. 电磁场频率对电磁铸造7075铝合金微观组织的影响 [J]. 金属学报, 2002, 38 (2) : 215.
- [12] Zuo Y B, Cui J Z, Dong Jie. Effect of low frequency electromagnetic field on the constituents of a new super high strength aluminum alloy [J]. Journal of Alloys and Compounds. 2005, 402 : 149.
- [13] Zhao Z H, Cui J Z, Dong J. Effect of low-frequency magnetic field on microstructures and macrosegregation of horizontal direct chill casting 7075 aluminum alloy [J]. Journal of Materials Processing Technology. 2007, 182 : 185.
- [14] Vives C. Effects of electromagnetic vibrations on the microstructure of continuously cast aluminum alloys [J]. Materials Science and Engineering A [J]. 1993, A173 : 169.
- [15] 王哲峰, 崔建忠, 杨院生, 等. 异相位电磁连铸的电磁场分析 [J]. 金属学报, 2006, 42 (3) : 317.
- [16] Turchin A N, Zijderwijk M, Pool J. Feathery grain growth during solidification under forced flow conditions [J]. Acta Materialia, 2007, 55 : 3795.

(编辑：张允华，zyh@foundryworld.com)