

汽车球墨铸铁件铜合金型铸造生产线

齐笑冰¹, 唐 骥¹, 刘子安¹, 朴东学¹, 伊凤来², 杨树春², 张瑞卿³, 刘长锁³

(1. 沈阳铸造研究所, 辽宁沈阳 110022; 2. 东风朝阳柴油机公司, 辽宁朝阳 112000;

3. 中国一汽集团公司铸造公司, 吉林长春 110311)

摘要:系统研究了汽车球墨铸铁件的机械化水冷铜合金型铸造工艺, 设计制造了成套设备, 建立了球墨铸铁件的铜合金型铸造生产线。实践表明: 生产线运行安全可靠、工艺稳定; 所生产的汽车凸轮轴球铁齿轮、惰轮的综合性能及技术经济指标显著优于砂型铸造铸件; 基本实现了铸造生产的优质、节能、清洁、高效。

关键词:球墨铸铁件; 金属型铸造; 铜合金型; 铸造生产线; 汽车用铸件

中图分类号: TG249.3; TG255 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4977 (2001) 10-0629-03

A Copper Alloy Mold Casting Producing Line for Ductile Iron Castings Used in Automobile

QI Xiao-bing¹, TANG Ji¹, LIU Zi-an¹, PIAO Dong-xue¹,

YI Feng-quan², YANG Shu-chun², ZHANG Rui-qing³, LIU Chang-suo³

(1. Shenyang Research Institute of Foundry, Shenyang 110022, Liaoning, China;

2. Dongfeng Chaoyang Diesel Engine Company, Chaoyang 112000, Liaoning, China;

3. FAW Foundry Co. Ltd., Changchun 130011, Jilin, China)

金属型铸造技术是一种先进的清洁、精密成形技术。近几年, 铸铁件金属型铸造工艺不断发展, 欧、美、日等国用金属型生产的铸铁件主要用于汽车、家电、轻工、机械等行业。1994年, 日本本田公司开发了球铁件铜合金型铸造自动化生产线, 年产球铁转向臂 160 万件^[1]; 1996年, 在美国的本田工厂(Honda of America Mfg., Inc.) 建成了同类生产线^[2], 标志着这一技术已进入了工业化生产阶段。

我国对金属型铸造技术缺乏系统研究, 目前还处于采用铁基金属型、人工操作生产小型简单铸件阶段, 没有机械化生产线, 铸件产量也很低, 与国外差距甚大。1997年, 国家科委立项, 由沈阳铸造研究所等单位对“九五”国家重点科技攻关项目“汽车球墨铸铁件金属型铸造工艺与成套设备”进行系统研究, 旨在开发先进制造技术——金属型铸造技术, 以改造我国传统铸造工业, 促进我国铸造业的技术进步。现已完成全部研究内容, 达到了全部技术经济指标, 并已通过国家验收。

1 金属型铸造技术

研究的金属型铸造技术包括: 研制开发出热导率高(324W/m·K)、综合性能优良的铬锆镁铜合金水冷金属型及 CPU 型温控制技术; 水冷铜合金型冷却条件下球墨铸铁组织与性能控制技术; 计算机数值模拟技术辅助金属型铸造工艺设计软件; 金属型用特种

涂料; 铸件余热热处理及铸件质量在线检测技术; PPF1-100 型气压保温定量浇注炉; JZ4×6 型金属型铸造机; 球化剂、孕育剂自动定量添加装置等成套设备。重点解决了提高金属型使用寿命、金属型型温控制、铸件组织和性能控制、金属型铸造工艺及生产线设计等关键问题。提出了最佳化学成分和工艺参数控制范围。设计组建了年产 20~40 万件汽车球墨铸铁件的水冷铜合金型铸造生产线, 并进行了试生产。

2 水冷铜合金型铸造生产线

2.1 生产线概况

生产线由铁液熔炼及处理工部、铜合金型铸造工部和铸件后处理工部组成。重点解决了各设备、各工序之间的衔接, 生产节拍控制和工艺控制的可靠性、稳定性问题, 使所有设备以生产工艺为主线, 连接成一个有机的整体, 实现了气压保温定量浇注炉出铁自动定量, 金属型铸造机自动操作和金属型型温自动控制等主要生产工序 CPU 集中控制。试生产证明, 生产线运行可靠、工艺稳定, 铸件质量达到了设计要求。

2.2 生产线工艺流程

水冷铜合金型铸造生产线的生产工艺流程见图 1。

2.3 生产线主要工部及设备简介

铁液熔炼及处理工部: 完成铁液的熔炼、保温、定量出铁、球化处理和孕育处理。重点是保证铁液的化学成分、温度、球化处理和孕育处理的质量。主要

基金项目: “九五”国家重点科技攻关项目(96-A22-02-02)。收稿日期: 2001-03-23 收到初稿, 2001-07-25 收到修订稿。

作者简介: 齐笑冰(1962-), 男, 河南南阳人, 高工, 学士, 主要从事金属耐磨材料、球墨铸铁及相关工艺技术的研究、开发和应用工作。

设备包括一台 KGPS-500 型中频感应熔化炉、一台 PPF1-100 型气压保温定量浇注炉和一套球化剂、孕育剂自动定量添加装置。

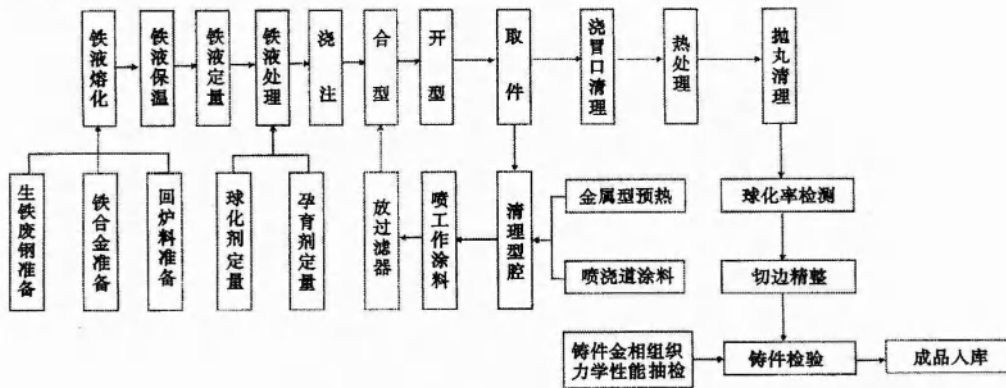


图1 球墨铸铁件铜合金型铸造工艺流程图

铜合金型铸造工部：完成金属型准备及型温控制、铁液浇注、铸件成形及取出。重点是铜合金型设计和工艺参数控制。金属型铸造机、金属型温度控制系统和铁液定量由金属型生产线中心控制系统（CPU 控制系统）集中控制，也可以分别由手动操作。主要设备包括一台 SJ-K01 型金属型生产线中心控制系统、一台 JZ4×6 型金属型铸造机、一台 PT-IV 型金属型涂料喷涂机和若干套水冷铜合金型。

铸件后处理工部：完成铸件的精整、热处理和在线检测。重点是铸件的余热热处理和球化率超声波在线检测。主要设备：连续热处理炉、切边机、滚筒式抛丸清理机和超声波球化率测定仪。

2.4 生产线主要技术指标

单机单工位铜合金型铸造生产线年生产能力为 20~

40 万件，生产节拍 50~60s/型。球铁件铸造废品率小于 5%。铸件尺寸精度达 CT5~CT6 级，表面粗糙度达 Ra6.3μm。金属型型腔的使用寿命达 2 万次以上，经修复后可以继续使用，总使用寿命预计可达 10 万次以上。

3 铜合金型铸造生产线的主要效果

在我所设计组建的水冷铜合金型铸造生产线上，组织生产了柴油发动机凸轮轴球墨铸铁齿轮、惰轮，与原砂型铸件作了全面比较，并进行了台架试验，现已装车进行实际行车考核试验。

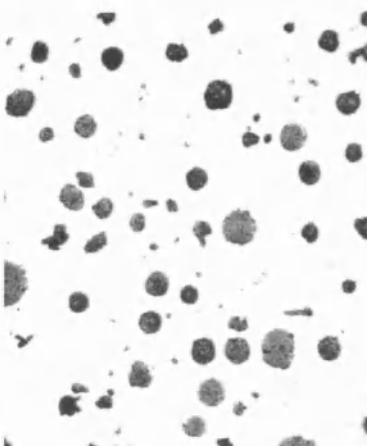
3.1 铸件质量优良

3.1.1 铸件力学性能及金相组织比较

不同铸造工艺生产的柴油发动机凸轮轴球铁惰轮的力学性能和金相组织分别见表 1 和图 2。

表 1 不同工艺铸造的凸轮轴球铁惰轮性能和组织

铸造工艺		力学性能				金相组织		
铸型	涂料	抗拉强度/MPa	伸长率 (%)	HB	疲劳强度/MPa	球化等级	球化率 (%)	石墨大小/级
湿砂型	石墨粉	600	3.0	210~270	183	3	80	3~4
水冷合金铸铁型	水基硅藻土+碳黑	≥620	≥5.0	230~270	-	2	≥85	6~7
水冷铜合金型	碳黑(乙炔烟)	≥640	≥5.0	240~280	227	1~2	≥90	7~8



(a) 砂型铸造 (铸件原铸造工艺)

(b) 铸铁型铸造

(c) 铜合金型铸造

图 2 不同工艺铸造的凸轮轴球铁惰轮金相组织 100×

3.1.2 工艺水平

表2给出了柴油发动机凸轮轴球铁惰轮不同生产工艺水平的对比。由于金属型铸造实现了精密成形,铸件尺寸精度高,表面没有硬壳、粘砂等,因此,对

表2 凸轮轴球铁惰轮不同生产工艺水平的对比

铸造工艺		铸件表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	尺寸精度 /级 (mm)	外观质量	工艺出品率 (%)	废品率 (%)	用砂量 /($\text{kg}\cdot\text{件}^{-1}$)	生产效率	铸件相对成本
铸型	涂料								
湿砂型	石墨粉	≥ 25	CT11 (± 3.8)	差,有飞边、沙眼、多肉	46.6	5.10	41.0	低	1.0
水冷合金铸铁型	水基硅藻土+碳黑	≤ 12.5	CT5 (± 0.65)	好,无飞边、沙眼、多肉	67.4	4.13	0	较低	0.85~0.95
水冷铜合金型	碳黑(乙炔烟)	≤ 6.3	CT4 (± 0.40)	好,无飞边、沙眼、多肉	65.3	4.23	0	高	0.8~0.9

表3 凸轮轴球铁惰轮机械加工情况比较

铸造方法	湿砂型	水冷铸铁型	水冷铜合金型
惰轮毛坯重/g	2430	2128	1755
惰轮毛坯减重/g	0	302	675
惰轮净重/g	1341.6	1311	1282.3
材质利用率 (%)	55.2	61.6	73.1
材质利用率提高 (%)	0	6.4	17.9
单边最大加工量/mm	4.0	1.0	0.75
金属切削量/g	1088.4	817	472.7
占惰轮净重 (%)	81.1	62.3	36.9
金属切削减少量 (%)	0	18.8	56.6
机械加工工序	粗加→半精→精加	半精→精加	半精→精加
机械加工性能	一般	好	好
机加相对成本	1.0	0.9	0.9
惰轮成品减重 (%)	0	2.3	4.62

3.1.3 典型铸件现场考核试验

某柴油机公司质量处及技术部门对铜合金型铸造生产线生产的球墨铸铁齿轮、惰轮进行了全面质量检测,并通过了400h全速全负荷可靠性台架试验,认为质量完全符合技术要求且明显优于现用产品。已于2000年末小批量装车进行实际行车考核试验。

3.2 节能节材效果显著

铸造工艺出品率提高10%~15%;铸件毛坯减重约30%(生产1t铸件比砂型少用0.3t铁液),材质利用率提高约15%(相当于节约15%的金属);铸造成品件轻量化,较砂型铸件减重约5%(对汽车铸件相当于节油、减少废气排放量);机械加工量减少约50%,节约机械加工工时约40%;余热热处理节能60%以上。

3.3 环保效益

金属型铸造不用型砂,没有废砂、粉尘、废气等,高质量、近净形铸件几乎不用打磨,没有工业噪音,工业废弃物减少约80%,基本实现了清洁生产、绿色铸造。据统计,砂型铸造每生产1t铸件约产生

铸件的后续机械加工产生了较大影响。表3给出了铸件材质为QT600-3采用不同工艺生产的柴油发动机凸轮轴球铁惰轮铸件的机械加工情况。

粉尘50kg,弃置废砂 $1\text{t}^{(3-4)}$ 。在工业发达国家,金属型铸铁件产量已占铸铁件总产量的6%~8%^[5]。我国年产铸铁件约800万吨,按6%计算,每年约有48万吨铸铁件可用金属型生产。若采用金属型生产,可减少粉尘2.4万吨,减少废砂48万吨,还可以大幅度降低噪音,具有不可估量的环保效益。同时,金属型铸造作业环境好,劳动强度小,有益于操作者的身心健康。

3.4 生产效率高、作业环境好

该生产线为单工位单机,生产节拍为50~60s/型,可年产铸件20~40万件,而且没有砂处理系统,铸件清理工作量较砂型铸造减少约80%,占地面积小,作业环境好。

4 结语

铜合金型铸造技术实现了高效率、近净形铸造和清洁生产,铸件质优,节能节材效果显著,是一种先进的清洁精密成形技术。符合未来工业技术的发展方向,符合国家用先进工艺装备改造传统生产方式的基本政策。该生产线尤其适用于量大面广的优质铸件的生产,如汽车、家电、电机、机械等行业的零部件,应用前景将十分广阔。

参考文献:

- [1] 井村武,等.金型铸造法によるFCD材の製造とその材料特性[J].铸物,1994,66(11):858~865
- [2] Honda embraces FPM to produce ductile iron steering knuckles[J].Modern Casting,1996,(11):51
- [3] 李新亚.铸造行业国内外生产技术现状及发展方向[J].铸造,1999,(增刊):3~11
- [4] 鲁永杰.铸造行业绿色铸造技术发展战略[J].铸造,1999,(增刊):26~30
- [5] Lerner Y S. Status and developments in gravity diecasting of iron[J].Foundry Trade Journal,1999,(5):26~30

(编辑:张允华)

(选自《铸造》2001年第10期)