

年产1万吨特种钢铸件生产车间设计

张鸣一¹, 田迎春¹, 高平¹, 贾晓斌²

(1. 内蒙金属材料研究所, 内蒙古包头 014034; 2. 内蒙古北方重工业集团有限公司, 内蒙古包头 014034)

摘要: 针对鄂尔多斯煤炭机械工业对特种钢耐磨铸件的需求, 设计并建设了年产大约1万吨特种钢铸件的铸造车间。这个铸造车间总面积为11 500 m², 设置造型车间、熔炼车间、热处理车间、清理车间及喷涂车间, 其熔炼车间安装了一台5 t电弧炉, 一个LF钢包精炼炉及一台3 t中频感应电炉; 针对不同的耐磨铸件产品, 配套设置了消失模铸造工艺生产线及砂型铸造工艺生产线。此外, 造型车间还配备了振动落砂机、间歇式燃烧焙烧炉等设备, 可采用干热联合再生工艺实现旧砂的处理及回收。铸件利用喷丸清理机进行清理, 使用两台台式电阻炉进行热处理工序, 处理后的铸件再通过无损检测及喷漆等工序, 最后完成成品。设计中充分考虑节能降耗、环境保护、消防及职业健康等因素, 实现了车间清洁、健康的生产要求。

关键词: 铸造车间设计; 工艺流程; 煤机配件; 特种钢

鄂尔多斯有着丰富的煤炭资源, 其煤炭储量占全国煤炭储量的六分之一, 在煤炭开采过程中所用的机械属特殊大型机械, 耐磨、耐蚀特殊铸件需求量大。而为煤炭企业和众多煤转化企业机械配套的特种钢铸件生产企业几乎没有, 与此同时, 这些企业的废旧铸件、废钢和链条储量较大, 外销价格低廉, 就地无法再利用。这既是企业金属材料的浪费, 又是企业经营管理和环保达标的一大难题。因此, 本研项目正是在利用地方资源优势, 提升企业发展和补缺特种钢铸件生产的废旧物再利用等大背景下提出的。

1 生产纲领及工作制度

1.1 生产纲领及生产性质

按照国家煤炭工业“十三五”及鄂尔多斯市煤炭工业发展“十三五”的发展规划, 进一步提升综采机械采煤技术水平是日后发展的重点方向之一。相关企业应将自主创新成果运用到煤炭生产中, 大幅提升我国及地区煤炭行业重大装备国产化步伐, 实现进口关键部件国产化和低成本化。在充分的市场调研的基础上, 并结合企业的实际情况, 设计并建设了年产1万吨特种钢铸件生产车间。本车间所生产的产品主要为煤矿综采设备耐磨零部件及电厂煤化工用耐磨产品, 属于工业化生产。

1.2 工作制度

工作制度依据GB/T 51266—2017《机械工厂年时基数设计标准》。工作性质为短期连续, 每周工作5日, 每班工作8 h, 主要生产车间, 如: 造型、熔炼、热处理等工作工序采用三班制, 年时基数为5 580 h。

2 铸造车间建设的必要性及建设原则

2.1 铸造车间建设的必要性

(1) 延伸地区煤炭产业链需要。鄂尔多斯市煤炭资源富集, 但煤机制造行业尚处于起步阶段, 大部分综采机械及设备配件依靠进口, 在产的几家煤机企业产品多

作者简介:

张鸣一(1990-), 男, 硕士, 主要研究方向为特种钢铁材料制备工艺技术。E-mail: zmyymjr@126.com

中图分类号: TG24
文献标识码: B
文章编号: 1001-4977(2020)01-0093-06

收稿日期:

2019-09-03 收到初稿,
2019-10-21 收到修订稿。

处于低端水平, 技术含量较低, 工艺简单。在鄂尔多斯就地生产煤矿机械具有明显的区域优势, 而且必将促进本地区煤炭工业和机械制造业的发展。

(2) 煤炭机械工业迎来良好的发展期。目前, 全国煤炭消费总量稳定在高位, 煤企的盈利水平及趋势决定固定资产投资及其结构, 进而决定煤机需求。基于磨损消耗、安全、效率和寿命周期, 煤企盈利回升及趋势维持将促进国内煤机装备需求理性复苏。煤价上涨, 煤企盈利改善对设备需求较大。

(3) 加速企业发展适应市场需求和产品创新的需要。①项目建设单位具有自己的采煤产业板块和煤机维修保障板块, 但是采煤机械及零配件都是外购。成本无法控制, 而且供货进度不能保证。②近年来煤炭的价格波动较大, 低谷时销售价格接近生产成本, 压缩了煤炭的利润空间, 所以倒逼企业加强内控成本, 其中比较大的一项成本支出在煤机的易损配件的使用上。实现主要煤机配件的自我供给, 可以进一步提升利润空间。③基于采煤效率的提高和采煤综合成本的控制要求, 对采煤机械配件的技术改造是十分需要的。建立起配件生产、配件维修的生产与试制基地, 对于企业的发展具有持续助推作用。

2.2 铸造车间建设原则

(1) 依据改善和提升煤机综采装备制造业的制造水平和产品质量的原则, 针对不同产品科学地选取制备工艺、优化工艺流程、降低工艺成本。

(2) 依据运输便捷、各车间配合方便及物流畅通的原则规划布局生产厂房。

(3) 针对不同类型产品的生产要求、生产规模及生产线配套要求选择实用型号设备, 并在满足生产需要及保证质量的前提下, 保持设备技术性能指标先进性。

(4) 对环境保护、劳动安全卫生、建筑防火、节能严格执行“三同时”原则(即以上防治污染和其他公害的设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产)。

3 铸造车间设计及布局

车间总面积为11 500 m², 设置造型车间、熔炼车间、热处理车间、清理车间及喷涂车间^[1], 总布局如图1所示。

(1) 造型车间。根据生产工艺要求, 造型车间设置了消失模造型区、水玻璃砂和树脂砂生产线及金属型造型区。造型所需材料在造型原材料区进行备料。

消失模造型采用发泡成形及手工切割聚苯乙烯泡沫两种工艺, 经涂料涂刷、烘烤后放置于存放区; 砂型区根据铸件质量的不同要求配置移动式水玻璃砂混砂机及移动式树脂砂混砂机, 可实现砂型的造型及制芯; 配置的振动落砂机、间歇式燃烧焙烧炉等设备, 可实现干热联合再生工艺法处理及回收旧砂。金属型砂芯的造型与砂型相似, 涂完涂料后进行烘烤。

(2) 熔炼车间。产品中最大铸件所需钢液量为750 kg, 根据生产线规模, 配置一台5 t电弧炉+LF钢包

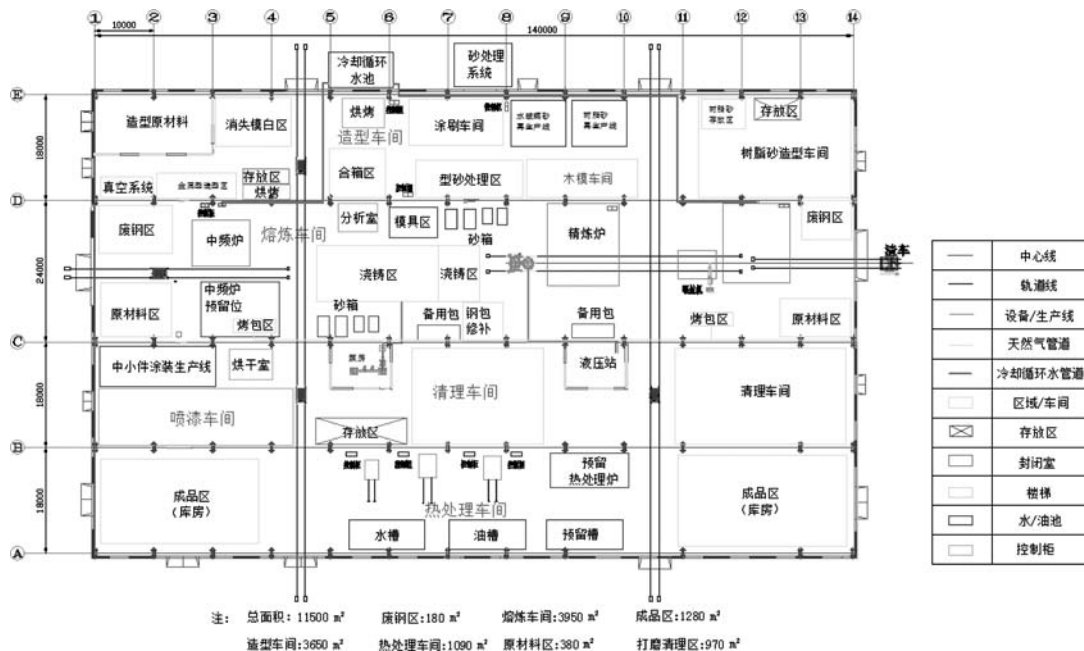


图1 车间总布局图

Fig. 1 General layout of workshop

精炼炉及一台3 t中频感应电炉进行钢液的熔炼。炉前采用直读光谱分析仪、温度测定仪等对钢液质量进行检测和控制。

(3) 清理车间。铸件冷却后, 转入清理车间, 采用手工风铲清砂后进行抛丸处理, 利用等离子切割设备切除浇冒口, 对有缺陷铸件进行清理和补焊。

(4) 热处理车间。热处理车间配置两台台式热处理炉及淬火水槽(200 m³)和油槽(100 m³)对铸件进行热处理。

(5) 喷涂车间。铸件热处理结束后转入喷涂车间, 采用滚筒式抛丸机对处理完的铸件进行表面再清理, 经无损检测后合格铸件转入喷涂区, 利用水旋式

喷漆室进行喷漆处理。

4 主要产品及主要生产工艺说明

4.1 主要产品

针对煤矿、火电厂、煤化工等领域所需的耐磨铸钢配件, 车间生产主要围绕表1所列耐磨钢铁产品进行。

4.2 主要生产工艺

车间所生产的铸件主要生产工艺流程如图2所示, 具体工艺说明如下。

表1 主要产品

Table 1 The main products

所属领域	耐磨产品	应用部件	材料
煤矿	链轮	输煤机	ZG42CrMo
	铲尖	挖掘机铲	ZG25CrMnMo ZGMn13
	大型斗齿(大牙)、副齿、销钉	大型挖掘机	ZGMn13Cr2
	截齿转盘铸件	采煤机转盘	ZG27CrNiMo
	耐磨衬板	井下采煤机掘进机切割头	ZG42CrMo
火电厂	双金属耐磨大型弯头	碎煤机、球磨机	KmBCr20Cu2Mo1 KmBCr20
	锤头、环锤	煤粉输送管道	焊接钢管
	筛板	锤式破碎机	KmBCr20Cu2Mo1
		振动筛	ZG50Mn2

4.2.1 熔炼工艺

(1) 中频感应电炉熔炼工艺。中频感应电炉作为短流程炼钢的一种补充, 近几年在国内得到长足的发展, 采用中频感应电炉炼钢具有投资省、见效快、节奏灵活、氧化烧损少、钢液质量高等特性, 适用于中小铸件的生产^[2]。项目配置了一台3 t中频感应电炉用于中、小型铸钢件的熔炼。具体工艺流程如图3所示。

鉴于产品多为合金钢, 对钢液的炉前检测有较高的要求, 故配备直读光谱仪进行钢液的成分检测; 每炉钢液在出钢前至少进行三次成分检测, 钢液成分检测主要通过直读光谱仪来完成。钢液浇注成试样, 送至车间光谱分析室, 试样经表面打磨抛光后进行成分检测, 成分检测结果通过显示屏快速反应到炉前操作台来指导熔化。

(2) 电弧炉熔炼工艺。项目同时配置了电弧炉+LF精炼炉熔炼方式; 由一台5 t电弧炉完成中大型铸件所需钢液的冶炼。

对于熔炼金属, 电弧炉比其他炼钢炉工艺灵活性大, 能有效地去除硫、磷等杂质、炉温容易控制、设备占地面积小, 适于优质合金钢的熔炼^[3]。具体工艺流程如图4所示。

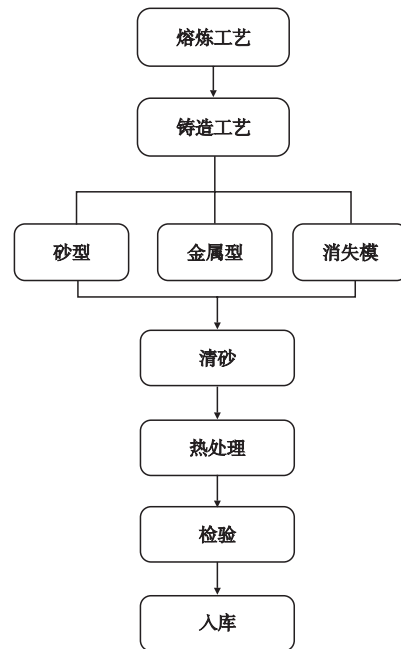


图2 生产总工艺流程

Fig. 2 The overall process flow of production

4.2.2 铸造工艺

(1) 砂型铸造生产工艺流程。对于表面粗糙度要求不高的大型耐磨铸钢件，多采用砂型铸造工艺^[4-5]，如图5所示，如采煤机截齿转盘铸件、破碎机衬板、振动筛筛板等大型耐磨铸钢件，挖掘机、采煤机用的大型斗齿、副齿和销钉等表面粗糙度要求不高配件。

(2) 消失模铸造生产工艺流程。与传统砂型铸造工艺相比，消失模铸造工艺的生产工序和工装辅具少，砂型无粘结剂，铸件无飞边和清砂容易等优点^[5-7]。火电厂用大型弯头铸件要求内表面光滑；破碎机锤头多采用双金属复合工艺；对锤头结构和质量有较高的要求

等。根据铲尖、大型弯头铸件、锤头等耐磨铸钢产品铸造工艺技术特点，选用消失模铸造工艺，具体工艺流程如图6所示。

(3) 金属型铸造生产工艺。与砂型铸造工艺相比，金属型的热导率和热容量大，冷却速度快，铸件组织致密，力学性能较砂型铸件高15%左右^[8]。对于配合精度要求较高的大型铸钢件，如煤机链轮、碎煤机环锤铸件等多采用金属型铸造。挖掘机铲尖等需大批量生产，无需机械加工，要求生产效率高，清砂容易，型砂能够反复使用，具体工艺流程如图7所示。



图3 中频感应电炉熔炼工艺流程

Fig. 3 Intermediate frequency induction furnace melting process



图4 电弧炉熔炼工艺流程

Fig. 4 Electric arc furnace melting process

4.2.3 热处理工艺

铸件冷却后进行表面抛丸清理，采用等离子切割浇、冒口；热处理在台式热处理炉内进行，根据产品合金牌号，参照GB/T 16924—2008《钢件的淬火与回火》及GB/T 3077—2015《合金结构钢》进行热处理工艺制定。

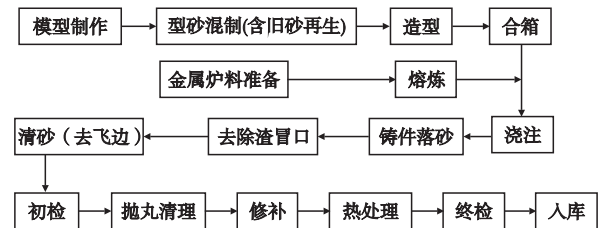


图5 砂型铸造生产工艺流程

Fig. 5 Sand mold casting production process

5 环境保护与劳动安全卫生

熔炼车间设备（电弧炉+LF精炼炉及中频感应电炉）排烟、除尘采用屋顶罩、移动式半密闭罩相结合的方式，烟尘通过吸尘罩进入袋式除尘器内，经离心风机高空排放，烟尘排放浓度达到GB28664—2012《炼钢工业大气污染物排放标准》的要求。在铸件清理及落砂工序中产生大量粉尘，采用侧吸式吸尘罩捕捉烟尘，通过布袋除尘器进行处理，高空达标排放。

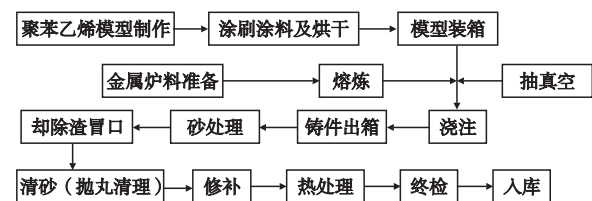


图6 消失模铸造生产工艺流程

Fig. 6 EPC production process

6 生产车间建设与试产结果

该项目于2018年12月建成，试生产阶段运行良好。至2019年7月已为周边煤矿、电力及煤化工领域提供铸件产品4 500 t，产品质量得到用户一致认可。车间建成后的部分工序及设备如图8所示。

图9为车间生产的典型铸件产品，分别为：筛片、液液双金属锤头、固液双金属锤头、双金属耐磨弯管、链轮、大型斗齿（大牙）。表2中介绍了上述产品的材料、性能及应用情况。

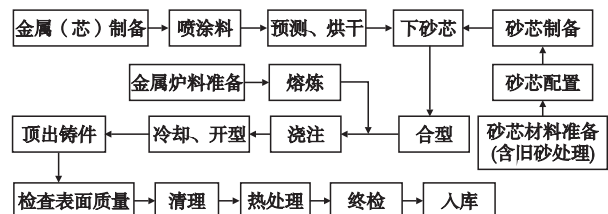


图7 金属型铸造生产工艺流程

Fig. 7 Production process of metal mold casting

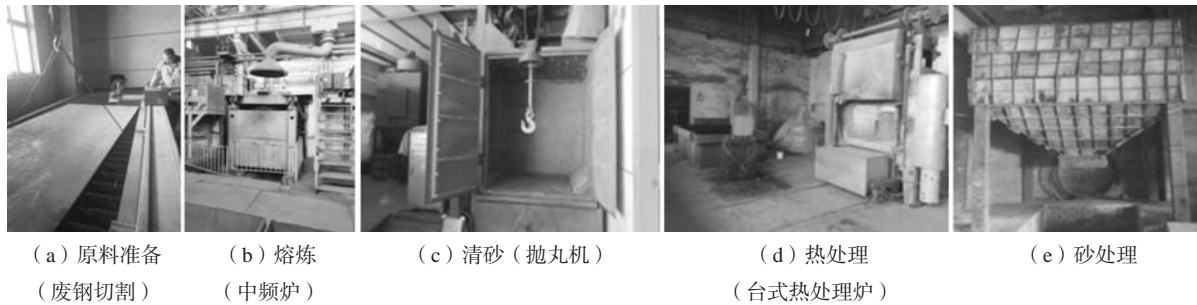


图8 车间部分工序及设备

Fig. 8 Some processes and equipment in the foundry shop

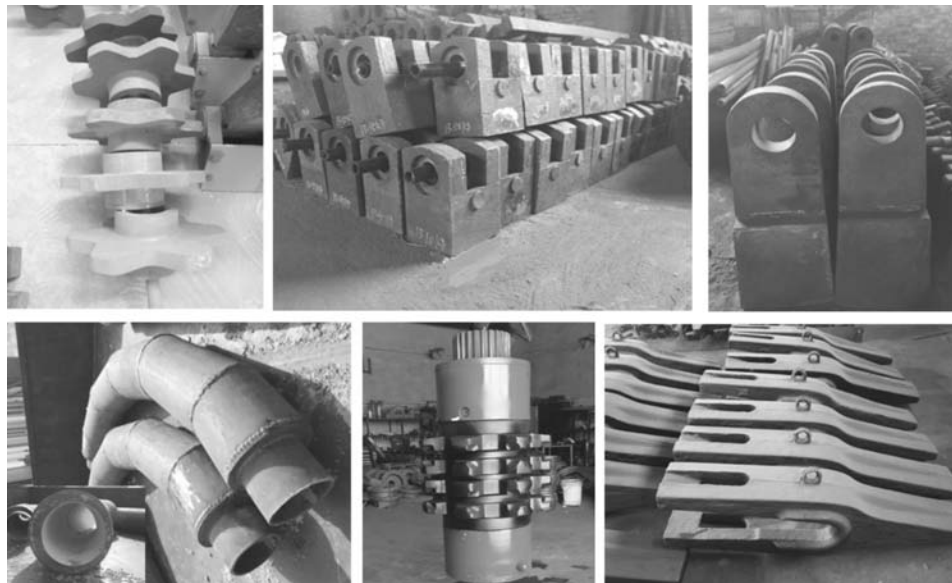


图9 车间生产的典型铸件

Fig. 9 Typical castings produced in the foundry shop

表2 典型铸件产品介绍

Table 2 Introduction to typical casting products

典型铸件产品	材料	检测结果	应用部件
筛片	ZG40Mn2	硬度HB: 260~280 无损检测: 内部无明显缺陷, 质量等级为3级	火电厂碎煤筛选机
液液双金属锤头 (13.6 kg)	锤柄: 低碳低合金钢 锤头: KmBCr20	锤柄硬度HB: 180~200 锤头硬度HRC: 56~58 无损检测: 结合界面无裂纹、气孔等缺陷, 内部无其他明显缺陷, 质量等级为3级	电厂、煤化工锤式破碎机
固液双金属锤头 (48 kg)	锤柄: 低碳低合金钢 锤头: KmBCr20	锤柄硬度HB: 180~200 锤头硬度HRC: 56~58 无损检测: 结合界面无裂纹、气孔等缺陷, 内部无其他明显缺陷, 质量等级为3级	电厂、煤化工锤式破碎机
双金属耐磨大型弯头	KmTBCr20 焊接钢管	硬度HRC: 56~58 无损检测: 内部无其他明显缺陷, 质量等级为3级	电厂煤粉输送管道
链轮	ZG42CrMo	硬度HB: 300~320 无损检测: 内部无其他明显缺陷, 质量等级为3级	煤矿大型输煤机
大型斗齿(大牙)	ZGMn13Cr2	硬度HB: 220~240 无损检测: 内部无其他明显缺陷, 质量等级为3级	露天煤矿大型挖掘机

7 结语

设计团队在进行大量调研的基础上,结合生产规模及产品种类进行铸造车间的布局与设计,并在试生产初期进行技术指导。通过试产证明:本铸造车间设计合理,工艺设备配置完善,生产工艺技术成熟、先进,适合本单位的生产规模,达到了车间最初的设计及建设目的。

参考文献:

- [1] 铸造车间和工厂设计手册编委会. 铸造车间和工厂设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [2] 陈硕, 闫永路, 莫漓江. ZG30MnSi中频炉熔炼工艺 [J]. 铸造, 2011, 60(9): 925-927.
- [3] 朱荣, 魏光升, 唐天平. 电弧炉炼钢流程净化冶炼技术 [J]. 炼钢, 2018(1): 10-19.
- [4] GARCÍA-MONTALVO O, HERNÁNDEZ-SANDOVAL J, HARO-RODRÍGUEZ S, et al. Discrete-event modeling for the design of a sand recovery flexible pilot plant in the casting process [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019, 103(9-12): 4703-4711.
- [5] 张立波, 田世江, 葛晨光. 中国铸造新技术发展趋势 [J]. 铸造, 2005, 54(3): 207-212.
- [6] 黄天佑, 黄乃瑜, 吕志刚. 消失模铸造技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 183-189.
- [7] 张鸣一, 郭伟睿, 王昊, 等. 滚筒碎煤筛选机筛片的消失模铸造工艺 [J]. 铸造, 2018, 67(11): 971-973.
- [8] 王伟, 周研, 屈晓阳, 等. 基于ProCAST的40CrNiMo金属型铸造微观组织分析 [J]. 铸造, 2019, 68(5): 449-455.

Design and Casting Process of Foundry Shop for the Production of Special Steel Castings with an Annual Output of 10 000 Tonnes

ZHANG Ming-yi¹, TIAN Ying-chun¹, GAO Ping¹, JIA Xiao-bin²

(1. Inner Mongolia Metal Materials Institute, Baotou 014034, Inner Mongolia, China; 2. Inner Mongolia North Heavy Industry Group Co., Ltd., Baotou 014034, Inner Mongolia, China)

Abstract:

According to the market's demand for special steel wear-resistant castings in the coal-based machinery manufacturing industry in Ordos, a foundry shop for the production of special steel castings, with an annual output of about 10 000 t, was designed and built. The foundry shop covers an area of 11 500 m², with five workshops of molding, melting, heat treatment, cleaning and painting, and the melting workshop installs a 5-t electric arc furnace, a LF ladle refining furnace and a 3-t medium frequency induction furnace. For different wear-resistant casting products, the production lines of EPC process and sand casting process can be applied. Moreover, the molding workshop is also equipped with the shakeout equipment, intermittent combustion roaster and other some equipment, so the treatment and recovery of used sand can be realized by using dry heat combined regeneration process. The castings are cleaned by pneumatic shot blasting machine and heat treated by two trolley type electrical resistance furnaces. The processed castings are finally inspected by non-destructive testing and then painted. In the design, the some factors such as energy saving and consumption reduction, environmental protection, fire protection and occupational health are fully considered, so as to realize the clean and healthy production requirements of the workshop.

Key words:

foundry shop design; process; coal engine parts; special steel