DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.07.017

DISA 垂直造型线生产球铁曲轴球化率的控制方法

杨忠林,苏建勇,徐尔灵,马　陆
(韶铸集团韶关金宝铸造有限公司,广东 韶关 512031)

摘　要:利用 DISA 垂直造型线,从铸造工艺创新和制造过程管控两方面进行管理;设计了一种空调压缩机球铁曲轴的模具工艺,改进了球化包内衬的结构设计。结果表明,实现了快速浇注,延缓了球化剂的反应时间,将球化等级控制在 1-3 级、球化率≥80%、内在品质稳定的球铁曲轴大批量生产。

关键词:球化包;球化率;铸造工艺创新;品质

中图分类号:TG255　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)07-0701-04

Control Method of Spheroidization Rate of Ductile Iron Crankshaft in DISA Vertical Molding Line

YANG Zhonglin, SU Jianyong, XU Erling, MA Lu
(Shaoguan Jinbao Casting Co., Ltd., Guangdong Yuzhu Group Co., Ltd., Shaoguan 512031, China)

Abstract: Using the DISA vertical molding line, management from two aspects of foundry process innovation and manufacturing process control; The mould technology of ductile iron crankshaft for air conditioning compressor was designed, the structural design of spheroidized lining was improved. The results show that the rapid pouring is realized, the reaction time of nodular iron is delayed, and the nodular iron crankshaft with stable internal quality is mass produced with the nodular iron level controlled at level 1-3, nodular rate 80%.

Key words: ball bag; spherical rate; casting process innovation; intrinsic quality

空调压缩机铸铁件一般由气缸、上下轴承和曲轴组成,其中气缸、上下轴承的材质为 HT250,石墨形态以 A 型为主,含量超过 70%,珠光体含量大于 95%,这类铸件多数都是迪砂垂直造型线生产,生产的效率高,工艺稳定后,品质控制相对容易。但曲轴的材质是 QT600-3, 硬度 95~105 HRB, 球化等级 1-3 级,现在多数铸造厂都是采用冲入法球化,用迪砂垂直线或水平线生产,浇注采用底注或扇形浇注两种方式,由于球铁铁液的粘度和收缩性都比灰铁大,球化易衰退,批量生产球铁曲轴铸件的球化处理[1]控制是非常关键,从原材料的选择到成品的检验,都必须进行严格的控制,一旦有球化不良[2]的铸件混入,后序难以识别。我公司目前采用迪砂垂直造型线生产空调压缩机球铁曲轴,球化率≥85%,球化等级 2 级以上, 如图 1 金相图片, 球化率检测 88%;硬度 98~102 HRB,品质稳定;主要从以下模具设计、球化率和生产过程等几个方面进行控制。

1　模具设计

(1)空调压缩机曲轴由主轴和副轴组成,如图2。

(2)主轴和副轴分别设计在同一块模板,如图3,横浇道设计在冒口顶部,形成加压浇注,增大补缩效果,如图中方框部位,圆柱形的冒口充当内浇道,其外形尺寸采用迪砂的标准设计,如图 4,控制内浇道参数 ϕD, 冒口的体积与两支铸件的体积之和大致相等,由于球铁液态或凝固时析出石墨球,体积膨胀力大于灰铁, 所以球铁模具设计的型板利用率一般都必须低于 55%,每型的浇注时间控制 8~10 s,快速浇注,防止球化衰退;通过以上主要参数的定义,曲轴模具工艺设计基本实现了标准化, 曲轴模具系列的工艺设计加快,通过多次验证,模具的设计都是成功的。

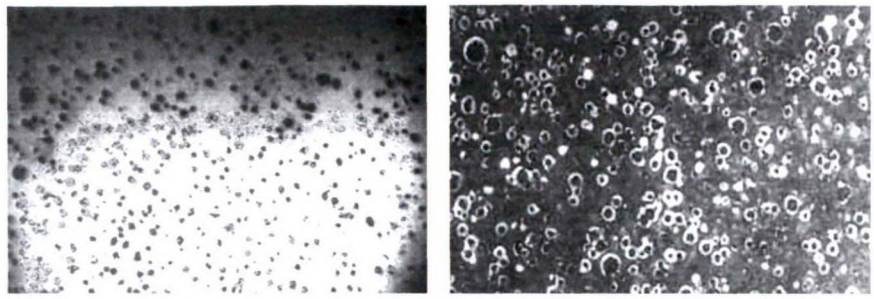
2　球化率的控制

2.1　球化包的设计

球铁生产铁液本身的球化率控制是关键, 我们

收稿日期:2019-04-17

作者简介:杨忠林(1971-),四川重庆人,工程师.主要从事迪砂线生产空调、冰箱铸铁件的模具设计工艺研发和品质管控方面的工作.电话:0751-8832698,
E-mai:YangZhongLin_2007@163.com



(a)腐蚀前(×100)　　(b)腐蚀后(×100)铁素体:18%

图 1 曲轴金相图片(主轴端球化率 88%)
Fig.1 Microstructure of crankshaft

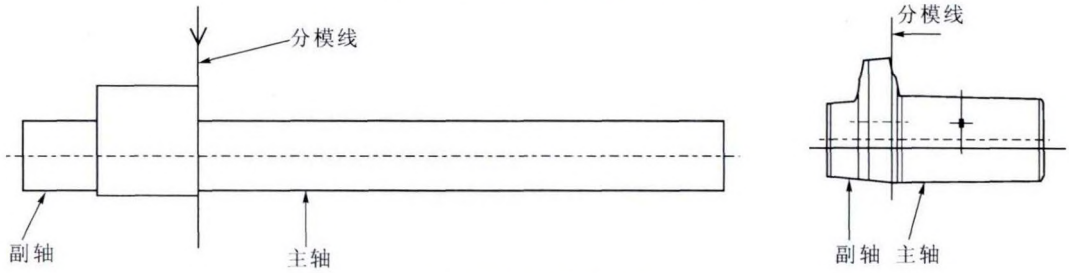


图 2 压缩机曲轴结构图
Fig.2 Structure Chart of Compressor Crankshaft

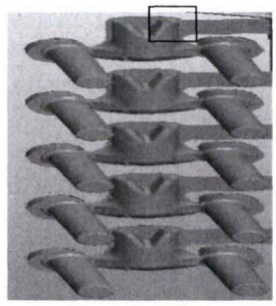


图 3 曲轴的模板图
Fig.3 Template drawing of crankshaft

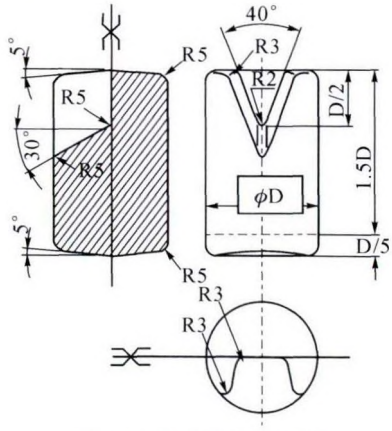


图 4 曲轴的浇道结构图
Fig.4 Structure chart of crankshaft

原来采用传统的堤坝式球化包，生产时经常出现 3 级以上球化率不良，主要是铁液反应快，Mg 的吸收率低[3]，不足 40%；我们通过不断的摸索，设计了一种专门的球化包，如图 5，在圆柱形球化室里依次加入球化剂(粒度 5~20 mm)、孕育剂(粒度 3~10 mm)和覆盖剂(粒度 1~3 mm)，加入的细颗粒填实球化

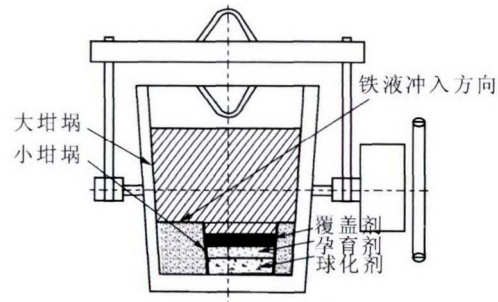


图 5 球化包结构
Fig.5 Spheroidized tundish structure

室，并从指定的方向冲入铁液，铁液首先熔解细颗粒的覆盖剂和孕育剂，控制球化剂的起爆时间。

2.2 球化包修筑

球化包内衬采用大、小圆筒双坩埚模型进行制作，如图 6 所示，先用大坩埚做模型打好炉衬，拔出大坩埚，风干之后，再用小坩埚做模型打好球化室，取出小坩埚全部炉衬打好，先预烤，使用时用高温铁

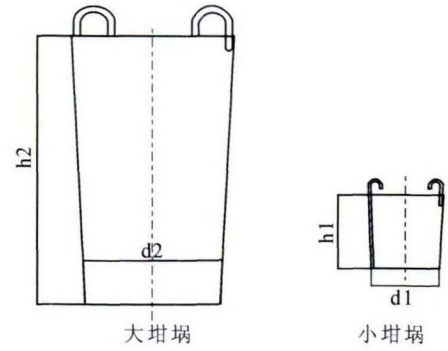


图 6 坩埚模
Fig.6 Crucible mold

液烫包之后，即可进行球化作业。

大坩埚的高径比 h_2/d_2=1.6，保证包里的铁液对球化产生的气体（镁蒸气）有足够的压力，控制铸件中残余镁含量 0.035%~0.045%；小坩埚的高径比 h_1/d_1=1:1；

2.3 小坩埚体积的设计原理

小坩埚的体积：$V_{球化剂}+V_{孕育剂}+V_{覆盖剂}=0.9\times V_{小坩埚}$，小坩埚余量位置可以快速收集铁液，如图 5 球化包，铁液的冲入方向在球化包的对边，包里的铁液在 15~20 s 内充满至工艺用量，保证铁液快速均匀接触覆盖剂和孕育剂，熔解产生的混合物均匀作用在球化剂上，铁液对镁蒸气的静压力高度实际为 h_2+h_1，球化剂的受力面积小，压强大，快速倒完铁水后才开始反应，球化剂中稀土元素和镁元素熔解时产生的气体压力对铁液进行搅拌，保证了铁液球化的均匀性；利用转运的 60 s 路程完成铁液的球化，球化完毕的铁液即刻进行浇注，铸件的球化率更加稳定，同时控制了石墨球的圆整度、大小、密度等，如图 7 金相图片，球化等级主要控制在 2 级，石墨球大小为 6 级。

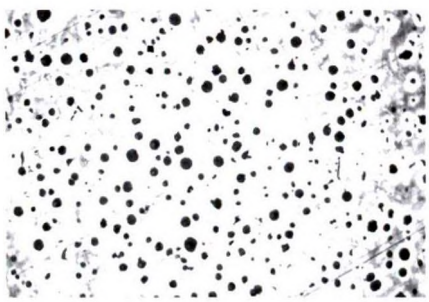


图 7 球铁石墨金相图片　×100
Fig.7 Microstructure of ductile iron

3 生产过程的管控

3.1 原材料的选择

我们采用废钢+增碳剂合成铸铁[4]的生产工艺，主要选择优质普通碳钢，锈蚀、氧化严重、带有油污、煤泥、废砂的废钢和混有 Ti、Al、Cr、Ni、Mo 合金钢、不锈钢等废钢禁止使用，防止碳化物、蠕虫石墨和爆炸石墨的形成；选用 1~5 mm 的颗粒状低硫（S≤0.06%）石油焦增碳剂，同时加入 1%左右的碳化硅，消除生锈废钢中的氧化物对石墨球的形状影响；选用干燥的球化剂[5]和中长效的 SiBaCa 孕育剂 。

3.2 熔化和浇注工序的管理

现在球铁的生产一般使用 6~8 t 的中频炉进行铁液的熔化，CE 值[6] 宜控制在 4.25%~4.35%，过高石墨易漂浮或形成碎片状石墨[7]，碎片石墨还影响到铸件的切削加工性能；CE 值过低会出现队列石墨球或碳化物等不良组织；每包铁液的浇注时间 6~8 min，熔化炉的碳每 10 min 烧损约 0.02%，因此，熔化炉铁液在 0.5 h 后需要补充 0.1%的碳粉。根据图 4 中球化剂、孕育剂和覆盖剂的量计算出球化后的温降来调整熔化炉的保温温度，一般控制在 1 530~1 550 ℃。球化后铁液的碳当量和浇注温度与铁液的膨胀量密切相关，为了提高品质保障系数，必须使铁液的膨胀量大于收缩量，因此球化后铁液的 CE 需值控制 4.45%~4.6%，浇注温度宜控制在 1 370~1 450℃。

3.3 球化率的过程管控

每包铁液球化后，用专用的设备检测球化率等级，2~3 min 出结果，球化等级控制在 2 级以下；同时将球铁液倒入浇注炉，启用浇注时间定时器，超过 8 min 报警，未浇注完毕的铁液必须进行报废处理；若检测结果异常，设备提示报警，即刻停止浇注，将浇注炉内的铁液放出报废处理，已浇注的的铸件在线上做好标记，从线上全部取出报废。每包铁液浇注完后，留 1~2 型空型作为标记，对每包铁液的末箱进行本体取样检测，合格后进入落砂工序，确保每一支曲轴的球化率都合格。

3.4 型砂的性能的管理

空调压缩机球铁曲轴的外形相对简单，在迪砂垂直线生产排布相对密集，由于长度在 160~220 mm，砂型厚度 250~300 mm，砂型的硬度需控制在 88 以上，型砂中灼烧量必须大于型砂的水分，防止铸件产生皮下气孔[8]，考虑到生产过程中型砂水分的波动，一般将型砂的灼烧减量控制 4.0%~4.5%，同时还防止了铸件表层脱碳，影响铸件表层石墨形态。

4 结论

家用空调压缩机球铁曲轴的单件重在 0.5~1.0 kg，批量生产过程的数量多，铸件的球化率控制至关重要；我们通过设计新型的球化包，已经球化处理了 500 多包，400 多 t 铁液，每包铁液末箱铸件的本体球化率基本上都在 1~2 级，极少量为 3 级，批量生产品质相当稳定。同时我们对生产过程中的熔化工序和浇注工序加强管控，铸件的砂孔、气孔等不良品很少，铸件的成品率在 97%以上，满足了客户的需求。

参考文献：

[1] 沈闯，刁晓刚，何伟鑫，等. 厚大断面球墨铸铁轴承座的生产实践[J]. 铸造，2018，67(5)：382-384.

[2] 张福强，石利军. 树脂砂铸造球铁件表层球化不良的改进[J]. 现

代铸铁,2017(1):67-69.
[3] 张锦萍,舒希勇,张孟群,等.镁在球墨铸铁中分布状况的研究[J].铸造技术,2010,31(12):1572-1575.
[4] 李小兵,李玉克,曹二兵,等.使用废钢合成铸铁生产球墨铸铁管的工艺[J].铸造,2017,66(11):1227-1229.
[5] 宁玉宏.铸态 QT700-2 的生产实践[J].铸造技术,2010,31(12):1680-1681.
[6] 田永维,刘延平,李磊,等.柴油机用轴体承瓦 面点状锈蚀研究[J].铸造技术,2018,39(11):2605-2607.
[7] 程凤军,高顺,莫俊超,等.球墨铸铁中碎块状石墨的形成原因及改进措施[J].现代铸铁,1995(3):29-34.
[8] 万晓明,齐浩,苏培强,等.制动卡钳铸件皮下气孔缺陷的防止[J].现代铸铁,2016(1):69-73.

(上接第 700 页)

7 结论

从模拟分析和铸件本体检测结果表明：采用新设计的铸造工艺所生产的飞轮铸件,符合客户指定的标准要求。通过对铸件本体的相关测试验证和可靠性分析,使得该工艺已经能够投入批量生产。因为客户对这种 QT500-12 材质的伸长率和热处理有特别要求,我们还需要在保证其他相关力学性能和质量指标不受影响的前提下,通过调整目前的化学成分和热处理工艺,在不改变抗拉强度的同时,进一步提高伸长率, 以适应客户未来对材料牌号的不断升级,在客户将 QT500-12 材质升级到 QT500-18 之前,通过充足的试验验证,确保材料牌号升级后能够直接用于生产,提前做好前期准备。

参考文献：

[1] 刘晨,米国安,王有超,等.基于 ViewCast 的顶盖砂型铸造工艺数值模拟及优化[J].热加工工艺,2017,46(19):92-95.
[2] 《热处理手册》编委会.热处理手册:第 2 卷[M].北京:机械工业出版社,2001.
[3] 陈淑惠,魏兵,龙礼贤.增碳剂在铸铁生产中的应用[J].铸造技术,2008,29(6):823-826.

《铸造技术》杂志优秀企业、先进人物专访通告

《铸造技术》杂志开展专访活动,旨在通过专访这一内涵深邃、读者喜闻乐见、欣赏韵味独特的交流方式,深度挖掘铸造界人文财富,倾心打造行业精深资讯,进而从独有的精神与文化之角度施力,推动中国铸造业的科学振兴和健康发展。

《铸造技术》基于“榜样的力量是无穷的”以及“益言可以兴邦”的基本理念和初衷,《铸造技术》杂志社记者与业界企业家、专家学者、工程技术人员等先进人物近距离接触、多层面无障碍恳谈,从而接地气地见识与领略中国铸造业界深邃浩瀚的人文资源、鲜活生动的真人与实事,在第一时间得到启迪与感悟,进而把这发自心灵的收获通过专访报道奉献给读者朋友。

《铸造技术》专访笃信“唯有真情可以感人”。能感动人的专访报道,必然是被访者真实生活的经历、体验和独特感受,高尚人格的彰显。专访报道中的所有感人之处,无不源于被访者独有的生活经历加上独到的见解。不可复制的人生阅历之润养、对生活的挚爱、对事业的全身心投入,是每一位被访者能够超越现实与自我而永葆充沛生命力的秘诀。从自己挚爱的事业那里领悟人生的真谛,激发爱与美相交融的情感。被这真实的情感所感染,使人情不自禁地用看似清淡的笔墨,仰仗倾情产出令人心颤的专访报道。

《铸造技术》专访对“说理”情有独钟。信奉“唯有讲理可以服人”。因“至”即无限趋近高端,故“至理”系高度符合科学规律的道理。“科学”乃说理的学问,科学是迄今全人类生产及社会实践的顶级智慧结晶,科学是全人类的共同财富,科学是人类从必然王国走向自由王国的桥梁。唯科学之理能使人们正确认识世间万物、尤其包括认识者自己。《铸造技术》专访已延续多年,读者不难发现,所有被访者的感人之处无不根源于其自觉或不自觉地遵循了科学的思维与行为的准绳。

《铸造技术》专访所追求的是,以优秀传统文化底蕴为基石,以高尚道德操守与精神境界为标杆,倾力打造铸造专访的精到内涵和独特风格,倾心为读者朋友打造理性思考的空间,竭力实现被访者—读者的理性与情感的惊人共鸣。