

一型四件曲轴壳型工艺的开发应用

邵壮, 高广阔, 刘树龙, 刘景峰

(一汽铸造有限公司特种铸造厂, 吉林长春 130062)

摘要: 介绍了一型四件曲轴壳型工艺与原工艺对比的难点, 并讨论了具体的工艺方案, 通过改进模具浇注系统的工艺布置、球化处理的方式以及生产操作中的参数控制, 将曲轴的综合废品率降低到了 2% 以下, 达到了大批量生产球墨铸铁曲轴的目的。

关键词: 一型四件; 曲轴; 壳型

一汽铸造有限公司特种铸造厂一直在为一汽大众公司、一汽轿车股份有限公司等乘用车企业配备发动机球铁曲轴毛坯, 目前乘用车市场稳步增长, 发动机曲轴的需求规模也相应递增。曲轴是发动机的重要零件, 它既要求较高的强度、韧性, 较好的耐疲劳性和耐磨性, 又要有高的尺寸精度以保证动平衡要求和少的加工余量。而壳型工艺生产的铸件具有轮廓清晰、表面光洁、尺寸精确等特点, 尤其适合大批量生产曲轴。

我厂使用的壳型工艺为一型生产两件曲轴, 随着市场需求的增加, 曲轴产量已无法满足客户需求, 如何提高曲轴产量已经成为我厂亟需解决的问题。为此, 我厂新建一条球铁曲轴生产线, 采用自动浇注机流水线浇注、一型四件曲轴壳型工艺, 以提高球铁曲轴产量, 保证客户需求。

1 原生产工艺

壳型铸造是将覆膜砂(一种遇热硬化的型砂)覆盖在加热到 180~280℃ 的金属模具上, 使其硬化为薄壳(薄壳厚度一般为 6~12mm), 薄壳具有足够的强度和刚度, 将上下两片型壳粘接到一起即形成所需铸型。

1.1 曲轴的熔炼工艺

我厂熔炼设备为 2t 中频炉, 配料为 60%废钢+40%回炉料, 使用增碳剂增碳, 通过添加电解铜、锰铁、锡粒等合金进行合金化。采用此种工艺, 可以有效控制原铁水中的 P、S、Ti、V 等杂质元素, 提高铁水纯净度, 防止产生磷共晶等夹杂物。

铁水球化处理采用的是冲入法球化, 而采用冲入法生产的球墨铸铁, 铁液中的渣量多, 尤其比重较大的稀土氧化物、硫化物, 不易从铁液中上浮, 影响曲轴的综合力学性能。同时冲入法容易受到人为影响, 产生球化不良等缺陷, 无法保证稳定生产球化率在 2 级以上的曲轴。

1.2 制壳工艺

制壳设备为水平旋转的四工位制壳机, 将覆膜砂通过压缩空气喷射到处于加热状态的模具上, 保持一定时间后, 再转到下一工位通过火焰将型壳烤熟。形成强度后, 将型壳取下摆放到专用粘接板上, 将上下两片型壳粘接定形后即形成一个完整的型壳。

2 一型四件曲轴壳型工艺的技术难点

2.1 模具工艺布置的变化

(1) 与原工艺的一型两件曲轴相比, 一型四件工艺的模具由原来的 550mm×850mm 变为 1000mm×900mm, 因模具使用时需要加热到 200~300℃, 随着模具的一冷一热, 大模具会产生更大的变形, 引起模样翘起、定位偏移, 严重时还会因模具内部的应力过大, 导致模具出现裂纹, 影响模具寿命。如图 1、图 2 所示。



图1 模样翘起



图2 模具出现裂纹

(2) 铸件的浇注系统也应重新设计, 新的浇注系统要形成封闭式浇注系统, 保证一定的充型速度。同时, 也要尽可能减小浇注系统体积, 以便获得更高的工艺出品率。

(3) 笔者厂生产曲轴主要为四缸曲轴, 曲轴的形状造成了铸件的热节较多, 容易产生缩松缺陷, 这样会大幅度影响曲轴的强度。因此, 必须采取措施保证铸件内部无缩松, 获得组织致密的曲轴铸件。

2.2 喂丝球化处理代替冲入法球化

喂丝球化处理工艺是指使用喂丝设备, 以一定速度将包裹着球化剂的芯线加入到球化包中, 使喂丝线在球化包底部熔化, 实现球化处理, 生产实践中主要有以下几点问题:

(1) 喂丝过程中芯线突然减速或完全停止;

(2) 铁水出炉后, 增加了一道喂丝球化处理的工序, 与冲入法相比铁水会多降温 40-50℃;

(3) 球化处理站的包盖, 因长期处于冷热交替状态, 易发生变形, 引起铁液外溢, 将球化包的安全卡粘到包梁上。同时, 喂丝时飞溅的铁液会粘在包盖上, 影响芯线的正常加入。

2.3 自动浇注机代替手工浇注

(1) 使用的自动浇注机为电机驱动浇注包翻转, 浇注过程中浇注包的翻转速度是一定的, 若浇注速度过慢, 则会导致铁水温度低, 产生冷隔、浇不足等浇注缺陷, 而浇注速度过快, 将会因无法及时落回浇注包, 使铁水溢出浇口杯。

(2) 随着型壳的增大, 每浇注包的铁水量从 200kg 增加到了 600kg, 浇注时间从 1min 提高到了 3min, 需要增加浇注包的保温性能, 防止铁水降温过快。

3 工艺方案设计

3.1 模具浇注系统方案设计

针对型板加大后容易出现的模具变形、铸件缩松等问题, 采取了以下措施:

(1) 原有模具为 50mm 厚的型板安装在固定架上, 为防止型板变形, 将型板与固定架整体铸出, 增加型板的强度。同时, 为防止模样产生变形, 将模样材质由原来的 HT250 改为热变形更小的 H13 模具钢。

(2) 经过计算, 将直浇道直径由 $\Phi 28\text{mm}$ 提高到 $\Phi 38\text{mm}$, 横浇道边长由 24mm 提高到 36mm, 形成封闭式浇注系统。

(3) 为了改善曲轴铸件的凝固顺序, 需将曲轴热结位置的型壳减薄, 利用填充的铁丸加快曲轴热节位置的凝固, 改善凝固顺序。同时, 在曲轴的第一连杆位置使用冷铁, 彻底消除曲轴的内部缩松。如图 3 所示。

(4) 加大通气片的宽度, 以及通气片的集砂窝, 改善型壳的排气性。如图 4、图 5 所示。

(5) 改进冒口蜂腰, 将蜂腰尺寸由 $\Phi 28\text{mm}$ 减小到 $\Phi 26\text{mm}$, 并改变蜂腰的角度, 使蜂腰断裂时裂纹无法扩展到曲轴铸件内, 消除掉肉缺陷。如图 6 所示。



图3 冷铁



图4 加大通气片的宽度



图5 集砂窝



图6 掉肉缺陷

3.2 原铁水的合金化

宝莱、高尔夫等车型使用的 EA111 1.4T 曲轴要满足德国大众的 TL124 标准，该标准对曲轴性能要求非常高，如表 1 所示。

表 1 力学性能

球化率	石墨大小	碳化物及 磷共晶	珠光体	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	硬度 (HBW)
1~2	6~8	≤3%	>94%	≥780	≥450	≥3	255~310

为了达到德国大众的 TL124 标准，需要对铁水进行合金化处理，通常 Cu、Sn、Mn、Cr、Ni、Mo 等合金元素都是球墨铸铁中提高珠光体含量的合金化元素。

Mn: 除中锰球墨铸铁外，各种类型球墨铸铁都要求选用低含锰量，尤其是铸态铁素体铸件、大型厚断面球墨铸铁件。锰虽然能稳定珠光体，但对于珠光体铁球墨铸铁一般不希望利用锰保证珠光体组织，而推荐用铜或正火工艺稳定珠光体。

Cu: 铜促进珠光体形成的作用十分强烈，一般认为铜单独加入 1% 就可以使得球墨铸铁在铸态下得到全部的珠光体基体。同时，铜的熔点低，加入方便，且在熔化过程中不烧损。因此，铜成为球铁生产中最理想的合金化元素。

Sn: 锡强烈稳定珠光体，其作用能力是铜的 8~12 倍。锡使珠光体增加，强度也随之增加，当达到全部珠光体后再增加锡含量，使抗拉强度下降，屈强比增加，伸长率下降，并出现晶间石墨，引起脆性。表 2 为最终确定的化学成分

表 2 化学成分

							(w _B /%)
C	Si	Mn	P	S	Cu	Sn	Mg
3.75~3.85	2.1~2.4	0.3~0.5	≤0.07	≤0.02	0.4~0.6	0.03~0.04	0.03~0.06

3.3 球化处理的质量控制

针对生产过程中出现的卡线、温降及包盖变形等问题，实施了以下措施：

(1) 芯线从线盘拉出后，芯线成螺旋状。需要在喂丝机的输入口装上喇叭口状的部件，将芯线的螺旋弯曲取消，可有效减少芯线在喂丝过程中的阻力，芯线需通过导向管使其导入处理包内，安装时应保证导向管弯曲部分的弯曲半径要不小于 1m，直段应正对铁水包。

喂丝机的主动轮为动力驱动轮，从动轮为可以活动的压丝轮，从动轮上设有压丝机构。对于采用弹簧压下的压丝机构，可以通过紧固螺母的螺纹进给量调整压力，使喂线过程中的喂线速度保持相对的稳定。

(2) 喂丝处理过程是先接铁液，再到处理站喂丝，因而有两个降温过程，为减少其温降，需保证球化包使用前已经被烘透，同时合理设计出炉后铁水到球化处理站的行进路线（见图 7），缩短操作时间。



图 7 行进路线

(3) 为防止球化处理时铁液飞溅到包盖上，打结球化包前需合理设计球化包内胆尺寸，保证球化包装够铁水后的铁水高径比为 1~1.5，铁水液面高度距离包盖距离为 400~600mm，这样能有效防止铁水飞溅并保证喂丝线能够顺利插入铁水内。另外制作包盖应选用 15~20mm 的钢板，在上下两面都使用扁钢加固，防止包盖变形。

3.4 自动浇注机的浇注速度和温度控制

浇注工通过一个月的练习，熟练的掌握了自动浇注车的浇注动作（见图 8），将浇注时间从 3min 降低到了 2.5min，但铁水浇注过程中的降温依然较大，每包铁水的温降均在 100℃ 以上。为此，我厂改进了打结工艺：在浇注包内先打结一层福士科的保温包衬料，因保温包衬料的强度较低，为提高浇注包的使用寿命，需要在保温料外侧再打结一层强度较高的浇注料（如图 9 所示）。采用以上措施后，浇注包的温降由原来的 120℃ 以上降低到了 70℃ 以下。



图 8 自动浇注机



图 9 外侧打结保温包衬料

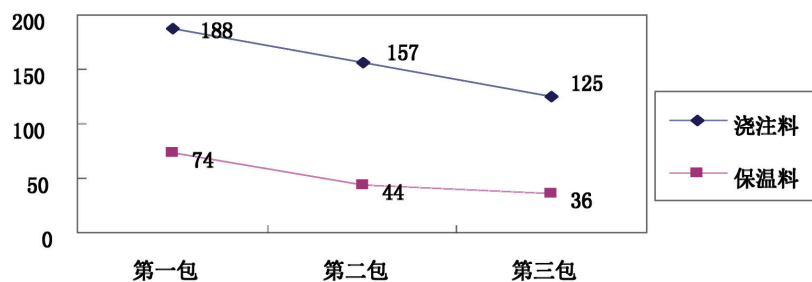


图 10 浇注料与保温料降温对比

4 结束语

通过不断的改进和试验，目前一型四件曲轴壳型工艺生产的曲轴综合废品率已经稳定在 2%以下，并且在一汽大众以及上海大众进行了装车。我厂此种工艺已经成熟，具备大批量生产曲轴的能力。

参考文献：

- [1] 金永锡. 发动机曲轴铸件铸造工艺[J]. 现代铸铁, 2001, 4.
- [2] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册, 第一卷, 铸铁[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [3] 殷作虎, 王小伟, 赵洪举, 鲍玉龙. 喂丝球化处理技术进展及问题对策[C]// 铸铁熔炼及铁液处理技术论文集.