● 特种铸造 Special Casting ●

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.04.014

消失模铸造球墨铸铁减速机壳体夹杂及缩孔消除研究

周 瑞[1],张维江[1],刘王强[1],刘高峰[1],淡 瑶[1],赵芳芳[2]

(1. 陕西法士特齿轮有限责任公司,陕西 宝鸡 722409; 2. 西安华欧精密机械有限责任公司,陕西 西安 710000)

摘 要:消失模铸造生产球墨铸铁减速机壳体,减速机壳体端面出现夹杂和缩孔缺陷。通过在铸件端面增加余量,解决了减速机壳体端面的夹杂。探索出散热新工艺和柔性冷铁工艺,并严格控制铸造过程负压,解决铸件热节区域缩孔缺陷。实验结果表明,散热工艺和柔性冷铁工艺均能够解决消失模铸造球墨铸铁减速机壳体缩孔缺陷,并且工艺简单,工艺出品率高。

关键词:消失模铸造;球墨铸铁;缩孔;夹杂;散热工艺;柔性冷铁

中图分类号:TG249 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8365(2021)04-0300-04

Study on Inclusion and Shrink Hole Elimination of EPC Ductile Iron Reducer Housing

ZHOU Rui[1], ZHANG Weijiang[1], LIU Wangqiang[1], LIU Gaofeng[1], DAN Yao[1], ZHAO Fangfang[2]

(1. Shaanxi Fast Group Co., Ltd., Baoji 722409, China; 2. Xi'an Hua Ou Precision Machinery Co., Ltd., Xi'an 710000, China)

Abstract: The ductile iron reducer housing was produced by EPC. The defects of inclusion and shrinkage appeared on the end of the reducer housing. The inclusion in the end face of the reducer housing was solved by increasing the allowance in the end face of the casting. The new heat dissipation technology and flexible chiller technology were explored, and the negative pressure in the casting process was strictly controlled to solve the shrinkage hole defects in the hot joint area of the casting. The results show that both the heat dissipation process and the flexible chiller process can solve the shrinkage hole defects of EPC ductile iron reducer housing, and the process is simple and the process yield is high.

Key words: lost-foam casting; ductile iron reducer housing; shrinkage cavity; inclusion; heat dissipation process; flexible chill

消失模铸造产品具有表面质量好,尺寸精度高,工艺出品率高等优点,应用于球墨铸铁生产。减速机壳体要求具有高的强度、韧性以及耐磨和抗震性能,材质为 QT450-10。减速机壳体铸件重 112 kg,壁厚最厚处 54 mm,最薄处 14 mm,几何热节集中,根据铸造厂设备生产能力以及铸件特征,选择消失模铸造工艺。

1 球墨铸铁减速机壳体原工艺

减速机壳体组合工艺,见图 1,端面设计工艺余量 4 mm,出炉温度 1 580～1 600 ℃,浇注温度 1 370～1 440 ℃,浇注负压 -0.04～-0.06 MPa,负压保压时间 900 s, 减速机壳体化学成分见表 1,Y 型试样力学性能满足 QT450-10 的要求, 球化率 2～3 级也符合球墨铸铁减速机壳体的技术要求, 但是减速机壳体消失模铸造试生产出现缩松、缩孔、夹杂等

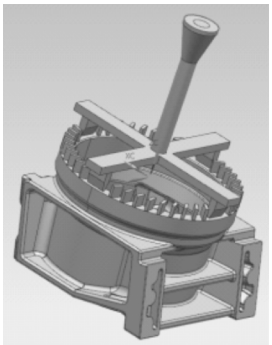


图 1 显示浇注系统的减速机壳体原始组装消失模

Fig.1 Original assembled reducer housing pattern showing gating system

表1 QT450–10减速机壳体化学成分 *w*(%)

Tap.1 Chemical composition of QT450–10 reducer housing

C	Si	Mn	P	S	Mg	RE
3.5～4.0	2.0～3.0	≤0.45	≤0.05	≤0.025	0.02～0.06	0.015～0.040

收稿日期:2021-01-20

作者简介:周 瑞(1990—),陕西延安人,工程师.主要从事消失模铸造工艺研究方面的工作.电话:09178567107,Email:980170895@qq.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

缺陷。小批量生产过程中在减速机壳体端面也出现夹杂、几何热节处出现缩孔缺陷。

2　减速机壳体夹杂、缩孔的形成原因

球墨铸铁件碳含量一般为 3.5%～3.8%,易产生碳缺陷夹杂。从发气量和碳含量两方面的考虑,球墨铸铁白模选择共聚料。共聚料均衡了 EPS 和 EPMMA(可发性聚甲基丙烯酸甲酯)的发气量和固态碳量,它降低了铸件的碳缺陷可能;减少铸件气孔缺陷风险。球墨铸铁材质的减速机壳体在批量生产中端面存在夹杂,在几何热节处有缩孔,两种缺陷的形成原因分析如下。

2.1　夹杂的形成原因

EPS 和 EPMMA 在高温下裂解反应为:

EPS:$C_8H_8(s)\rightarrow 8C(s)+4H_2(g)$

EPMMA:$C_5O_2H_8(s)\rightarrow 3C(s)+2CO_2(g)+4H_2(g)$

从上式可以看出,1 mol EPS 裂解后发气量是 4 mol,固态碳是 8 mol,而 1 mol EPMMA 裂解后发气量是 6 mol,固态碳时 3 mol,两种产生的气态和固态物质各有侧重。由于气体和固态碳的产生为铸件产生气孔、夹杂缺陷提供了物质基础。共聚料(STMMA)是这两种结构的结合体,它的裂解发气量和产生的固体碳介于两者之间[1]。

消失模铸造中用于成形的共聚料泡沫模样受热分解过程中会产生大量的气态、液态、固态产物等热解产物,这些产物在传输过程中受多种因素影响,热解产物状态、成分、排出形式变化多样,这是是消失模铸造产生弥撒碳缺陷最根本的原因[2]。

2.2　缩孔形成的原因

从球墨铸铁碳当量看, 由于 Y 型试样力学性能满足 QT450-10 的要求,球化率 2～3 级也符合球墨铸铁减速机壳体的技术要求, 就不调整减速机壳体化学成分;同时,从球墨铸铁减速机壳体表面质量观察,既无冷隔,又无粘砂问题,排除球化处理温度及浇注温度对减速机壳体缩孔造成的影响因素; 球墨铸铁铸件形成缩孔的根本原因是合金在液态收缩和凝固时,铸件某部位(通常是最后凝固的热节处)不能及时得到液体金属的补缩,在该处产生形状不规则的孔壁粗糙的孔洞[3]。解决减速机壳体缩孔主要从铸造工艺措施入手。

3　减速机壳体缺陷的解决措施与验证

3.1　减速机壳体夹杂解决措施

减速机壳体夹杂与消失模铸造工艺特点有关,不能够完全消除, 只能使用工艺手段解决夹杂缺陷。根据减速机壳体夹杂和实际加工情况反映,减速机壳体铸件夹杂绝大部分也出现在铸件上端面。为确定夹杂物深度进行实验,结果显示,减速机壳体端面夹杂物深度不大于 8 mm。

根据试验结果, 在减速机壳体原有余量基础上再增加 4 mm 余量, 最终端面设计工艺余量 8 mm。通过批量生产验证并对减速机壳体加工数据统计分析。减速机壳体铸件改进前成品率在 88%,改进后减速机壳体加工成品率升至 97.96%(图 2),说明增加减速机壳体余量工艺能够有效解决减速机壳体端面夹杂缺陷。

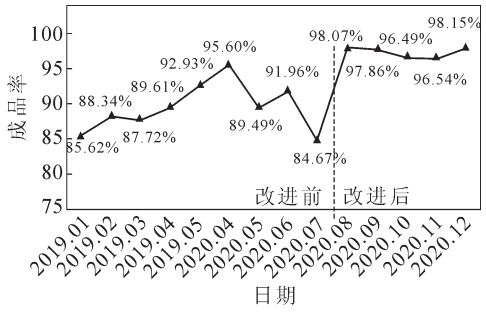


图 2　减速器壳体机加工成品率

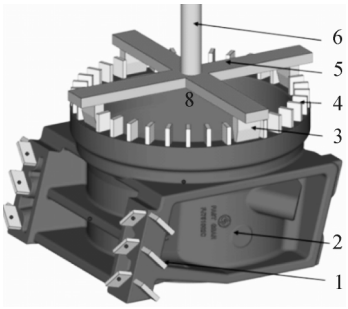
Fig.2　Qualification rate of machined reducer housings

3.2　减速机壳体缩孔缺陷解决措施

对于铸件缩孔缺陷传统的解决措施有两种,一是在热节处设置冒口,在铸件成形过程中提供由于体积变化所需要补偿的金属液,消除缩孔;二是使用激冷系统, 最常用的是使用冷铁使得热节处形成人为末端区,可以使原来几乎没有温度差的中间区,变为有较大温差的激冷区,形成顺序凝固,消除缩孔缺陷。此两种方法虽然都能够解决缩孔、缩松缺陷,对于消失模铸造减速机壳体并不适用, 增加冒口降低了减速机壳体铸件工艺出品率,增加整体工艺难度。使用冷铁的工艺,由于消失模铸造特点,造型时冷铁易脱落并且可能造成铸件变形导致工艺难度大, 对减速机壳体质量稳定性有较大影响,并增大了铸件成本。

针对球墨铸铁热节缩孔问题, 开发了两种新的消失模铸造工艺:散热工艺和柔性冷铁工艺。散热工艺的核心目的是改变铸件结构, 降低铸件热节处的模数,凝固阶段负压气体带走大量的热,具备激冷效果。具体方法是在铸件热节位置粘接泡沫片(以下称散热片,图 3),之后经过涂层、烘干、装箱造型、浇注等工序生产出合格铸件。消失模铸造铸铁工艺在浇注和凝固过程中持续抽负压,负压泵工作期间,冷空气进入砂箱上表面进入,经过铸件、散热片完成热交换带走热量,散热片比表面积大,降低了铸件局部模数,冷空气带走大量的热量,与铸件和散热片接触的

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



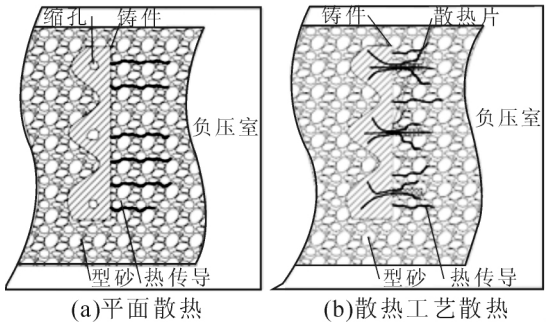
1- 散热片;2- 铸件;3- 内浇道;4- 集渣包;5- 横浇道;6- 直浇道

图 3 改进的减速器壳体铸造工艺,在热节处增加了散热片(冷铁)

Fig.3 Improved casting process for reducer housing, heat dissipation fins added in hot spot

局部型砂形成一种微通道流动换热,形成有较大温差的激冷区,散热片起到冷铁的作用,使得铸件局部凝固方式变为顺序凝固,消除铸件缩孔、缩松缺陷,原理图见图 4。散热片的工艺还有优点:操作简单、方便;铸造过程影响小;几乎不影响减速机壳体铸件工艺出品率;减速机壳体后处理简单。

柔性冷铁工艺是使用钢丸代替冷铁安装到铸件热节位置,消除铸件几何热节达到消除缩孔缺陷的目的。具有操作方法是造型工序在铸件热节处加钢丸,表面使用耐热胶带封住,之后放入砂箱振动造型(图 5)。柔性冷铁相当于在铸件热节处设置冷铁,柔性冷铁有一定的局限性, 它对铸件的结构要求较



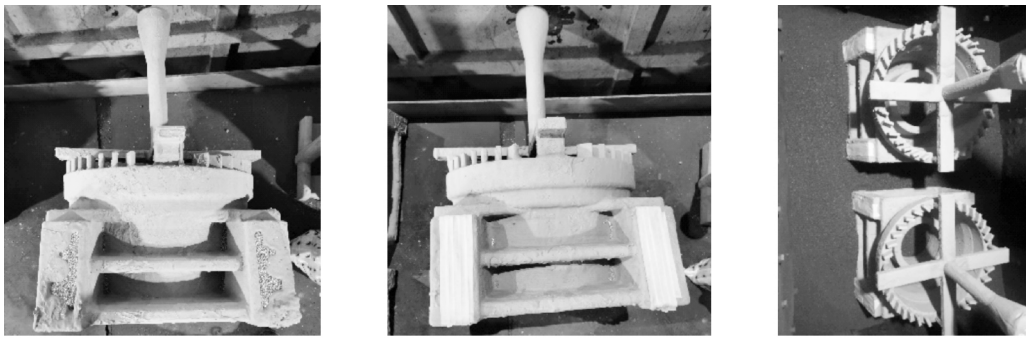
(a)平面散热 (b)散热工艺散热

图 4 散热片工艺原理示意图

Fig.4 Schematic principle of heat dissipation fins

高,需要存在柔性冷铁放置区域,否则难易完成。

原始工艺生产的减速机壳体铸件在螺栓过孔内有缩孔缺陷,见图 6。通过分析铸件结构,发现减速机壳体缩孔位置属于几何热节, 此处有较大缩孔倾向,这与批量生产出现的缩孔缺陷一致。综合考虑各种因素,使用散热工艺,具体工艺如图 7,在下料粘接工序在铸件热节区域粘接尺寸为 50 mm×30 mm×7 mm 共 12 个散热片。其它工序工艺维持不变。试制后机加工验证减速机壳体螺栓过孔处正常, 无质量问题(图 8)。散热工艺批量生产,连续生产 2 000 件减速机壳体, 加工后螺栓过孔处未再次出现缩孔缺陷。柔性冷铁工艺操作过程难度大,冷铁设置量难易控制,进行了小批量试制,证明了此工艺的可行性。



(a)柔性冷铁放置 (b)粘接胶带 (c)造型

图 5 柔性冷铁工艺

Fig.5 Using flexible chills



图 6 铸件缩孔

Fig.6 Shrinkage holes in the casting



图 7 改进后壳体组合工艺

Fig.7 Improved casting process for reducer housing, three chills used in in each side thick section



图 8 合格铸件

Fig.8 Qualified castings

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4　结语

（1）因为模样泡沫材料裂解不充分而产生的夹杂缺陷，是消失模铸造不可避免的，但是通过在铸件端面增加余量的工艺方法，将夹杂物聚集在工艺余量内部，去除工艺余量，最终得到无夹杂物缺陷的合格铸件。

（2）消失模铸造生产球墨铸铁件因热节而产生缩孔，在使用传统的冒口和冷铁工艺方法工艺难度大，为此设计出一种新的工艺方法，即散热片工艺。在铸件热节处设置一定数量的散热片，以达到加强局部散热速度以达到消除铸件的几何热节而解决铸件缩孔缺陷的目的。散热片工艺通过了减速机壳体铸件的验证，证明此工艺达到了设计要求，可以解决铸件缩孔缺陷，这是一种消失模铸造解决缩孔新的方法。

（3）柔性冷铁工艺解决了消失模铸造设置冷铁模型簇变形等问题，并能够有效消除铸件缩孔缺陷。

参考文献：

[1] 尹英杰. 模样材料的热裂解对铸铁件表面的影响[J]. 铸造技术，2007(1)：91-93.

[2] 邓宏运，王春景，阴世何，等. 消失模铸造及实型铸造技术手册[M]. 北京：机械工业出版社 2013.

[3] 陈国桢，肖柯则，姜不居. 铸件缺陷和对策手册[M]. 北京：机械工业出版社，1996.

招贤纳士

襄阳聚力新材料科技有限公司

一、招聘销售工程师

任职要求：

1. 本科及以上学历，铸造、耐火材料、冶金、有色金属专业，熟悉二维、三维绘图软件者优先考虑。

2. 2 年以上铸造行业耐火材料销售或铸造涂料销售经验者。

3. 2 年以上铸造行业用中频炉或压铸行业工业炉销售经验者。

4. 2 年以上铸造行业铁合金生产或销售经验者。

5. 2 年以上耐火材料技术研发或产品应用经验者。

6. 2 年以上铸造涂料技术研发或产品应用经验者。

7. 2 年以上有在铸造厂工作经验，对中频炉熔炼或造型工艺熟悉者。

8. 在压铸厂或铝厂工作 2 年以上，对有色金属铜铝熔炼工艺流程熟悉者。

二、招聘销售经理

任职要求：

1. 大专及以上学历，铸造、耐火材料、冶金、有色金属专业，熟练掌握办公软件，懂产品市场宣传，营销策划者优先考虑。

2. 5 年以上铸造行业耐火材料销售、铸造涂料或类似工业品销售经验者。

3. 5 年以上铸造行业用中频炉或压铸行业工业炉销售经验者。

4. 性格外向，诚信可靠，乐观向上，抗压力强。

5. 逻辑思维清晰，做事干净利落，工作效率高。

6. 善于多部门或多层次沟通协调。

三、销售助理

任职要求：

1. 男性，30 岁以下，本科学历，身体健康，适合经常出差。

2. 性格外向，诚信可靠，乐观向上，抗压力强。

3. 逻辑思维清晰，做事干净利落，工作效率高。

4. 善于多部门或多层次沟通协调。

有意向者请将简历发送至邮箱 wuhaiyan@xyjllc.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net