● 生产技术 Production Technology ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.09.013

局部挤压工艺在铝合金重型变速箱后盖压铸上的应用

杨新强,万晓萌,郝鹏磊,白 丹,樊小龙
(陕西法士特汽车传动工程研究院,陕西 宝鸡 722409)

摘 要:在重型变速箱后盖上应用局部挤压的工艺,并对局部挤压工艺进行了生产中优化,以期解决铝合金压铸件局部厚大部位缩孔等缺陷问题。结果表明,局部挤压工艺可以有效的解决原来铸件的缩孔缺陷。通过最佳工艺生产验证,铸件合格率得到大幅提升。

关键词:局部挤压;变速箱后盖;模具设计;工艺参数
中图分类号:TG246 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8365(2021)09-0797-04

Application of Local Squeezing Process on the Die Casting of Aluminum Heavy Duty Gearbox Back Cover

YANG Xinqiang, WAN Xiaomeng, HAO Penglei, BAI Dan, FAN Xiaolong
(Shaanxi Fast Auto Drive Engineering Research Institute, Baoji 722409, China)

Abstract: The local squeezing process was applied to the back cover of heavy duty gearbox, and the local squeezing process was optimized in production, in order to solve the defects such as local thickness and large shrinkage holes of aluminum alloy die castings. The results show that local squeezing process can effectively solve the shrinkage defects of original castings. Through the verification of the best process, the qualified rate of the casting has been greatly improved.

Key words: local squeezing; gearbox back cover; mold design; process parameters

铝合金铸件在压铸过程中,凝固阶段产生气缩孔的现象是不可避免的,铸件在局部设计过程中,因设计结构原因壁厚较厚,或者是内浇道部位热量集中从而在模具上产生热节,这些局部温度过高的热节,在凝固过程中热节点的凝固时间比周边其他部位凝固时间长,在凝固过程中无法得到液态金属的补缩,从而产生缩孔,这些部位所产生的缩孔,一般通过模具结构或压铸工艺参数优化是无法有效改进的。在人们不断研究探索下,在压铸成型过程中,对铸件局部在半固态下进行二次增压,通过模具液压油缸动作从而减少周边组织间隙,起到压实周边组织作用,提升铸件内部组织致密性。局部挤压可以在小范围内消除铸件缩孔疏松,提升铸件力学性能,近年来局部挤压技术在压铸行业中得到广泛应用。

收稿日期:2021-06-25
作者简介:杨新强(1985—),陕西宝鸡人,工程师.主要从事压铸及消失模工艺、工装设计方面的工作.
电话:09178567136,Email:fast-_yz@163.com

1 局部挤压技术介绍

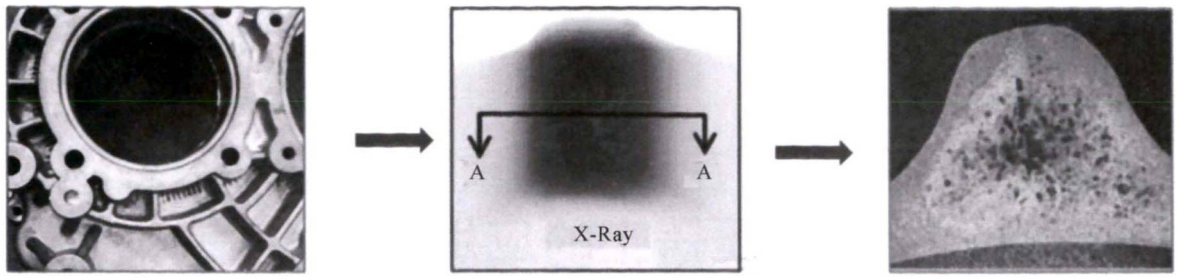
1.1 局部挤压技术的原理

对于压铸件孔内或者深腔部分,可以采用高压点冷却解决,但对于平面厚大部位或者凸台,则束手无策,此前对于产品平面厚大部位所致的缩孔缺陷如图1,产品结构又无法更改时,X光探伤及气密废品率居高不下。为此我们紧跟行业前沿发展,采用新技术—局部加压,来攻克平面厚大部位缩孔缩陷这一难题。

局部挤压结构在金属液充填完成后,经过一定时间即铸件进行凝固过程中,金属液处于半凝固态,通过模具内置油缸,对局部进行挤压来消除或者减少缩孔形成,提高铸件性能。

1.2 局部挤压的结构

局部挤压主要结构为挤压油缸、挤压销、挤压镶套以及相关链接装置,其用于挤压的结构可根据实际要求设计到模芯或者模框上。挤压成型的方式主要分为以下两种:一种是在铸件壁厚部位设置局部挤压,将挤压型销直接压入预铸孔成型孔底部。一种是在铸件成型表面挤压,被挤压的部位高出铸件表



(a)铸件结构　(b)X-Ray　(c)剖切

图 1 铸件内部的缩孔

Fig.1 Shrinkage cavity in casting

面，这样可以避免表层的冷料挤入型腔，多出来的可以通过机加工去除。本文主要研究变速箱后盖局部挤压，采用第二种方式进行局部挤压成型。

第一种挤压结构方式简图如图 2 所示，适用于预铸孔孔底有气缩孔的情况，挤压时只是把铝液推进到铸件，挤压形成预铸孔，这样就可以很好的避免预铸孔底形成的气缩孔，另外在喷涂过程中这种方式，挤压销可以伸出接受喷涂的润滑避免卡死现象。

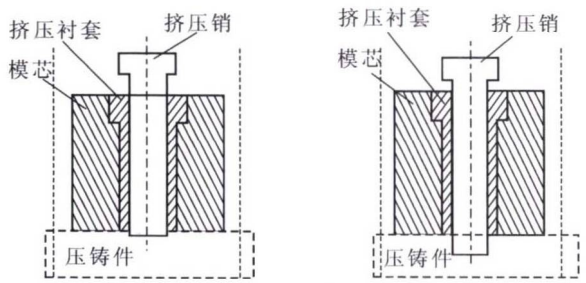


图 2 第一种挤压结构简图

Fig.2 Schematic diagram of the first squeezing structure

第二种挤压结构方式即产品表面的局部挤压结构简图如图 3 所示，图 3 中挤压前的结构示意图，铝液预先进入挤压镶套内，挤压时局部挤压销则把镶套内的金属液压入铸件内，挤压销的终点正好在产品表面附近，如挤压后图示。但是由于挤压销与镶套相互配合，挤压过程中不可避免会有部分铝屑进入镶套内，同时由于挤压销和镶套受热膨胀及挤压销不易得到润滑，所以容易卡死，因此采用此种方式，必须将镶套做成喇叭口，与挤压销形成间隙，这样可以避免卡死，又可以解决产品厚大部

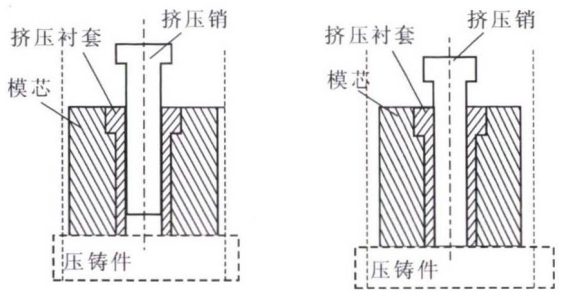


图 3 第二种挤压结构简图

Fig.3 Schematic diagram of the second squeezing structure

位气缩孔缺陷，实现局部挤压工艺的连续生产要求。

2 后盖零件分析

后盖壳体是重型汽车变速箱中的重要部件之一，失效则造成变速箱副箱整体开裂，输出扭矩无法传递，造成整车无法正常运行等问题，严重影响汽车行驶的安全性。因此提高后盖质量性能的同时增加整车安全性，是整箱设计中的重中之重。后盖产品的设计不仅包含功能性、更要满足其使用的安全性。因此后盖的结构设计需要多次进行设计优化，同时做有限元分析。

后盖壳体结构设计如图 4。此压铸件受力较大，是重卡变速箱中承受扭矩最大的铸件，因此对压铸件内部品质要求相当严格。零件的内部最大气孔不得大于 1.2 mm，且气密性检验过程中整个腔体在 0.1 MPa 的压力下泄漏量不大于 10 mL/min。根据 QC/T 568-1999《汽车机械式变速器台架试验方法》标准，变速器中的零部件的安全系数 K 不允许小于 3.0。此款后盖壳体设计静扭为 2 200 N·m，因此，校

图 4 后盖结构

Fig.4 The back cover structure

核其静扭强度则不得小于 6 600 N·m。

后盖壳体采用 ADC12 铝合金材料，其中最大壁厚为 30 mm，平均壁厚为 7 mm。整个产品设计时，壁厚较厚，筋条宽且较深，铸件相邻截面的凸凹过渡较多，壁厚悬殊太大，不利于厚壁区域得到外部合金液的补缩。在厚薄相接的部位，易形成热节，造成缩松缺陷。局部区域缩孔严重，缩孔形状不规则，因此，造成的泄漏占 30%，严重影响了整个产品的质量。

3　局部挤压技术分析及应用

压铸过程中的铝合金的物理收缩分为 3 个阶段：液态收缩，半固态收缩和固态收缩。铸件产生的缩孔和疏松主要集中在半固态收缩阶段，而固态收缩主要是会产生铸件尺寸超差，收缩变形，所以为了解决铸件缩孔，主要是在半固态阶段对其使用局部挤压进行补缩，从而实现铸件缩孔的减少或者消除。生产中需要考虑多方面的因素，才能保证局部挤压效果，生产中局部挤压使用需要考虑模具设计、挤压压力、挤压时间等几个方面因素。

3.1　局部挤压模具设计结构

在压铸机中辅助设置了局部加压功能（预留了油管接头），由压铸机提供动力源，在模具上设计增压油缸进行控制，油缸推动挤压销进行挤压，实现挤压动作如图 5。

3.2　局部挤压压力对铸件内部致密度的影响

设定局部增压开始时间为 3 s，从 10~15 MPa 逐步递增，通过探伤发现，随着局部挤压压力的升高，厚大部位的缺陷逐步减少，表面铸件内部质量有了改善。可见加压压力越大，局部补缩的效果越好，铸件内部越是致密。当压力增大到 14~15 MPa时，通过 X 光探伤发现，内部没有了缩孔及缩松缺陷。

3.3　局部挤压时间对铸件内部致密度的影响

挤压时间包括挤压开始时间和挤压保压时间，挤压开始时间是指压射增压动作完成到挤压动作启动的 时间，是挤压动作中的重要参数，挤压保压时间，是指挤压完成后压力持续的时间。

设定局部挤压压力为 15 MPa，挤压开始时间设置在 2~6 s，当挤压时间设置在 3 s 时，铸件内部的缩孔最少，局部挤压效果最好。其原因在于此阶段时，金属液刚进入半凝固状态，枝晶形成的网络强度比较低，在压力作用下枝晶网络破碎，枝晶间的液态被挤出而产生补缩流动。而挤压开始时间越晚，枝晶间液体越少，流动性越差，因此压力下补缩效果就越差。此外挤压开始时间过早，也会造成挤压效果不明显，因为铸件产生的缩孔和疏松主要集中在半固态收缩阶段，处于液态阶段时，进行挤压，无法达到补缩目的。因此挤压开始时间的把握相当重要。

挤压保压时间设定也很关键，一般保压时间持续到铸件完全凝固，但在压铸开模拟动作前结束，保压设置时间过长，增加设备能耗，保压时间过短铸件未完全凝固，铸件挤压部位有可能还会出现缩孔或者缩松等不良，实际经验保压时间应控制在 8~12 s 最佳。

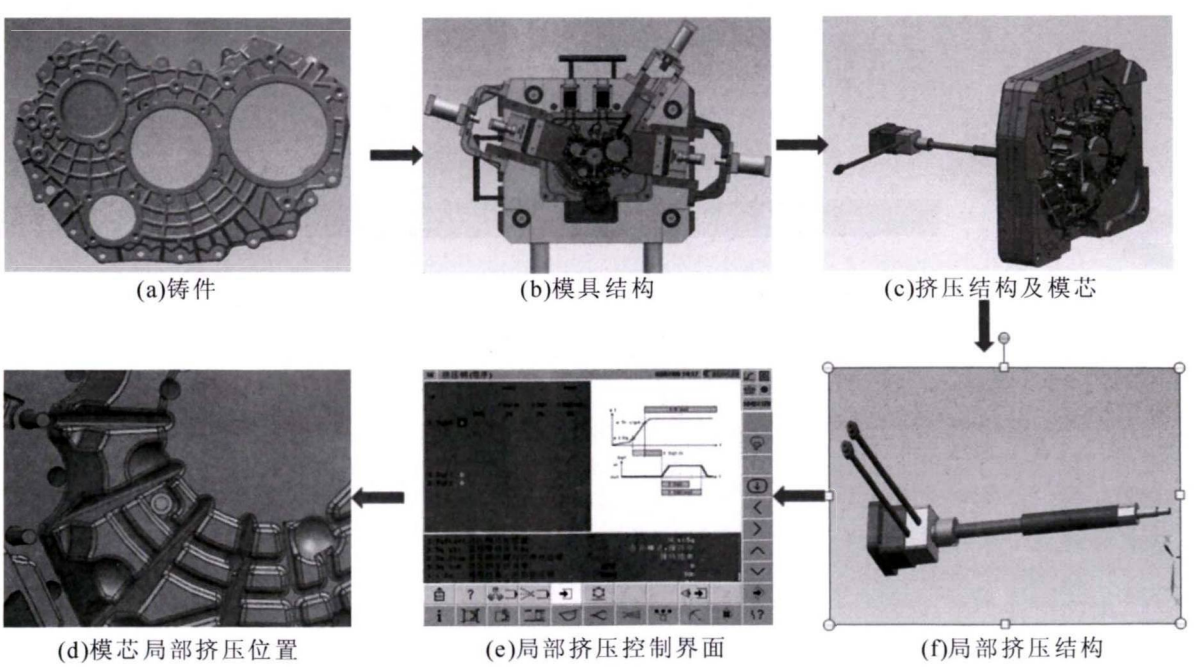


图 5　局部挤压模具设计结构示意图

Fig.5　Schematic diagram of design structure of local squeezing die

4 局部挤压技术的应用效果

通过使用局部挤压工艺，对挤压参数不断修正，铸件质量提升有明显的效果，废品率大大降低，铸件的气密测试由原来的30%降低至3%左右，效果显著，图6、7、8为局部挤压技术在汽车零部件应用中的实例。

图6 局部挤压的位置
Fig.6 Location of local squeezing

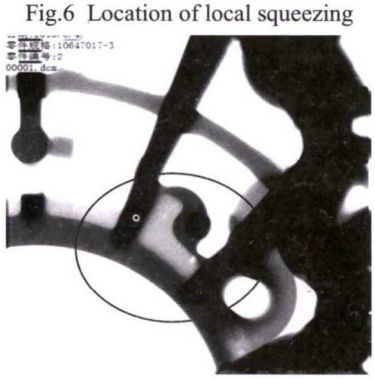


图7 未经局部挤压铸件X光探伤结果
Fig.7 X-ray inspection results of the casting without local squeezing

5 结论

对于铸件局部壁厚区域、孔隙率要求高的局部区域，单从调整工艺参数无法有效解决的局部区域，可以采用局部挤压技术来解决，实践证明效果显著。

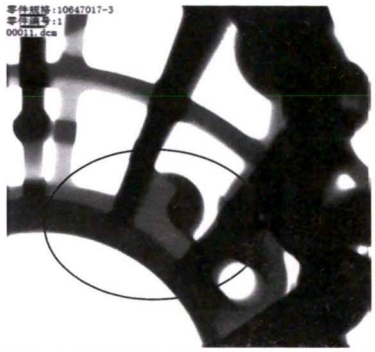


图8 经局部挤压铸件X光探伤结果
Fig.8 X-ray inspection results of the casting with local squeezing

(1)局部挤压技术适合于铸件的孔、凸台、平面等厚大部位的缺陷消除，其补缩效果好。

(2)局部挤压工艺参数如局部挤压开始时间、局部挤压压力对铸件内部致密性有较大影响。压力越高，挤压时机把握的越好，铸件的致密性就越好。

参考文献：

[1] 潘宪曾. 压铸模设计手册(第二版)[M]. 北京.机械工业出版社，1999.
[2] 吴春苗. 压铸技术手册（第二版)[M]. 广州. 广东科技出版社，2007.
[3] 荣南，姜苏. 铝合金汽车齿轮室压铸成形数值模拟[J].热加工工艺，2012，41(13):53-54.
[4] 柯春松，庄舰.基于局部增压技术的高挡位自动挡变速箱壳体压铸工艺优化[J]. 铸造，2014，63(3)：215-220.

技术资料邮购

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

本书由西安理工大学魏兵教授编著。共8章：1 铸铁件均衡凝固与有限补缩；2 铸铁件冒口补缩设计及应用；3 压边浇冒口系统；4 浇注系统大孔出流理论与设计；5 铸件均衡凝固工艺；6 铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺；7 浇注系统当冒口补缩设计方法；8 铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书320页。

特快专递邮购价：280元。

邮购咨询：李巧凤　　电话/传真：029-83222071　　技术咨询：13609155628