

发动机缸体水套热芯盒模具在生产中存在的问题及解决方案*

Problems and Solution in Production of the Hot-box Mold of Water Jacket for Cylinder Body

黑龙江农业工程职业学院 宋丽华 杜长征
哈 航 集 团 曹世伟

[摘要] 以发动机缸体水套为例着重论述了热芯盒模具在使用中存在的问题,并针对这些问题提出了解决方案,为以后的设计积累经验。

关键词: 水套热芯盒 模具 射砂嘴

[ABSTRACT] The problem in use of hot-box mold of water jacket for cylinder body is discussed and its solution is put forward, which will provide the experiences for design.

Keywords: Hot-box of water jacket Mold Ejecting sand outlet

目前,国内外金属铸造普遍采用金属模具加砂芯的成形方式,砂芯芯盒模具的设计也是金属型模具设计的重要部分。热芯盒模具就是采用热芯盒方法制造砂芯,是汽车发动机缸盖、缸体水套芯广泛采用的制造方法。随之而来的问题就是由于砂芯被金属液包围而被加热到较高温度,使其中用于作为粘接剂的树脂分解,从而产生大量气体。芯盒的稳定性直接影响到模具的工作状态,而模具的好坏又对铸件的质量和生产效率起着关键作用,缸体铸件的质量和效率又直接影响着发动机的质量和生产进度。

缸体铸件形状非常复杂,共需要 5 套 11 种砂芯,其中外皮芯、主体芯、端芯、盖芯都是采用冷芯盒方法制芯,只有水套芯是采用热芯盒方法制芯,目前的热芯盒模具在使用过程中存在很多问题。相对而言,影响热芯盒稳定性的因素较多,特别是热变形等,芯盒的变形使得上下模具合模不严,这些影响因素很难控制,给设计工作带来很大难度,严重影响了生产进度和铸件质量,急需解决。

1 问题分析

* 黑龙江省教育厅 2006 年科学技术研究项目 (11515084)资助。

发动机缸体铸件经常是几千件的大批量生产,常常是供货时间非常紧迫,因此需要生产 5 套 11 种砂芯的模具始终能够正常工作。目前冷芯盒模具工作状态一直良好,只有水套热芯盒模具在工作过程中经常出现问题,严重影响缸体铸件的产量和生产进度,如何解决水套热芯盒模具问题是当前的重中之重。

1.1 现用模具的总体结构

现用模具是在热芯盒射芯机上进行生产制芯的,芯砂采用的是覆膜砂,加热是采用电加热管插入到模体的方式加热,射砂后通过加热来使混合在芯砂中的树脂受热产生胶连化学反应使芯砂粘结到一起,然后固化成形。一套芯盒同时可以制成 2 个砂芯(见图 1)。

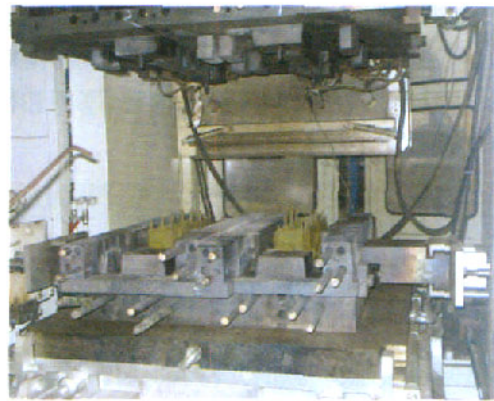


图 1 现有水套热芯盒模具

Fig.1 Existing hot-box mold of water jacket

1.2 现有模具在生产过程中存在的问题及原因分析

下面以某型号发动机缸体水套热芯盒模具为例来作详细分析:

(1)热状态下模具合不严,射砂时喷砂,制出的砂芯尺寸不稳定。

原因分析:模具合不严是模具的热稳定性不好造成的,主要是固定模瓣的模框受热后产生的热变形以及上下模框、模瓣的变形不一样。具体表现为:(a)节

省成本,模框材料采用 50 钢,但 50 钢受热易发生变形。(b)上下模框的结构,上模框的尺寸为 $1\ 070\text{mm}\times 800\text{mm}\times 50\text{mm}$,厚度比较薄,并且其上有两处 $597\text{mm}\times 393\text{mm}\times 50\text{mm}$ 用于安装上模瓣的空刀槽,2 处空刀槽之间最薄处仅为 5mm ,这样一来上模框的结构强度很弱,加热后很容易变形;下模框的尺寸为 $1\ 070\text{mm}\times 800\text{mm}\times 70\text{mm}$,厚度方向比上模框厚 20mm ,下模框也有 2 处 $410\text{mm}\times 130\text{mm}\times 70\text{mm}$ 的空刀槽,但此 2 处空刀槽分布合理,空刀槽四周壁厚均匀,而且下模框背后四周是一条环形筋,环形筋能起到加强强度抵抗变形的作用。这样结构抵抗变形能力自然要比上模框强。(c)此外又因为上下模瓣薄厚与型腔结构不一样,在上下模(包括模瓣和模框)里加热管的布置不可能一样,因此加热后上下模框、模瓣的变形程度不一样。其次是侧模瓣长宽比例不合理,侧模瓣长 820mm ,宽 117.5mm ,长宽方向的比例为 $7:1$ (见图 2),属于窄长型结构,加热管只能布置在型面周围很小的范围内,导致侧模瓣受热集中,型面部位受热膨胀,而背面温度低,受压应力影响在其宽度方向上向后翘曲变形,导致涨模、合不严、射砂时喷砂。

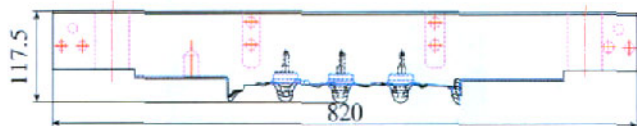


图 2 水套热芯盒模具一侧模瓣

Fig.2 Die flap on the side of hot-box mold of water jacket

基于以上所述,热变形是影响模具合模不到位,导致分型面过大,射砂时砂子从分型面的间隙中向四外喷出形成喷砂现象和形成的砂芯尺寸不稳定的主要原因。

(2)制芯完成后留有砂柱需要清理和修补,同时砂柱底部的型面经常被顶坏,出现废品。造成生产效率低,质量差,合格率低(见图 3)。

原因分析:(a)射嘴采用普通平射嘴,无法避免留有砂柱(见图 4)。(b)因为砂柱根部的砂芯比较厚大,在固化时间内芯部固化的强度比砂柱要小。开模时,上顶杆先向下运动,顶到砂柱上端,将砂芯砂柱根部的型面顶坏。

(3)下顶杆在顶出砂芯时被顶弯顶折,需要经常更换。

原因分析:水套芯顶出位置非常小,最大容纳截

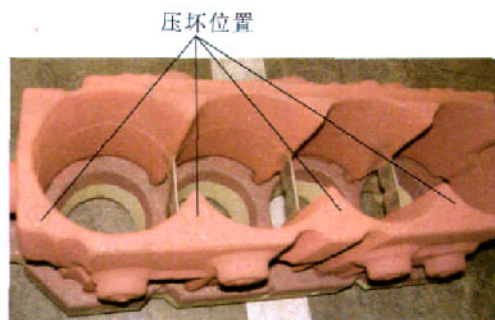


图 3 现有模具制出的缸体水套砂芯

Fig.3 Sand core of water jacket for cylinder body made by existing mold

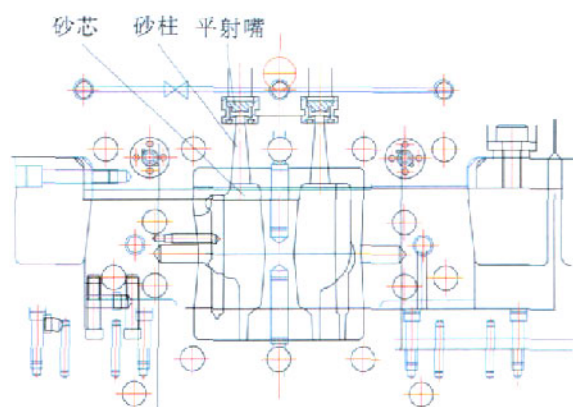


图 4 缸体水套热芯盒模具射砂示意图

Fig.4 Diagram of ejecting sand for hot-box mold of cylinder body water jacket

面为 $\phi 6\text{mm}$ 的顶杆。整套模具在射芯机上使用,顶杆长 425mm ,固定顶杆的固定座高度仅为 20mm ,因此既细又长的顶杆很容易被顶弯顶折。

(4)侧模瓣在开合模过程中经常被卡住,并且拆装十分困难。

原因分析:(a)侧模瓣两侧的导轨既限定左右方向又限定上下方向的运动轨迹,因此导轨与导轨槽接触的四面为配合关系才能满足模瓣运动的准确性。加热后,导轨与导轨槽受热膨胀不一样,导轨很容易被卡住。(b)连接侧模瓣与气缸的侧模瓣侧拉块很重(见图 5),两者比重为 $1:3$,从而导致整体重心向侧拉块方向移动。当侧模瓣进行开合模运动时有向后翻转的倾向,导致导轨的上表面与导轨槽相配合的面发生干涉,导轨经常被卡住,事实上也是如此,当侧模瓣拆卸下来观察时,此处摩擦痕迹也是非常重的。(c)由于此种导轨既定上下又定左右,当中间的 2 个模瓣的导轨



图5 侧模瓣侧拉块

Fig.5 Die flap and pulling chip on the side of the mold

卡住的时候,必须将边上2个模瓣先拆掉,而拆掉边上的2个模瓣之前必须先拆掉模具的一些附属件,才能拆卸下来修理,安装同理,模具的拆装非常困难。

2 缸体水套热芯盒的改进设计

2.1 热稳定性的设计

2.1.1 模框的热稳定性设计

模具的热稳定性不好主要是由于模框受热发生变形引起的。阻止或减少模框变形的办法有:

(1)采用抗热变形较好的铸铁材料(一般选用QT450-10)制造模框,但是铸铁强度比较差,为保证强度需要把上模框加厚。在射芯机允许的上下模(包括模框、模瓣)合模后总厚度的条件下,上模框加厚20mm,使其厚度达到70mm。在上模框的四周铸出厚度为30mm,高度为30mm的环形筋,增强上模框的抗变形能力。

(2)使模框处于冷状态:(a)模框内不放置加热管,加热管只布置在上下模瓣里,只对模瓣进行加热。(b)上模框四周与模框对应安放模瓣的空刀槽保持10mm的间隙,上模框上用于支撑上模瓣拧螺丝和安装定位键的部位做成小凸台,模瓣背面与模框保持悬空状态;下模框采用敞开式设计,将下模瓣放在平面上,支撑下模瓣拧螺丝和安装定位键的部位铸成凸台结构,作用与上模框的一样。在安装下模瓣位置的两侧铸出一些桥墩式结构用于支撑侧模瓣运动的导轨,目的在于尽量减少模框和模瓣的接触面积;在两者之间的空隙(模瓣的四周和背面)内填充隔热材料石棉进行隔热,使模瓣上的热量不能以传导和辐射方式传递给模框;在保证足够的强度前提下,上下模框尽可

能铸出数量更多,分布更合理的空刀槽,上下模框这种结构设计的目的是使模框本身尽可能的散热。c.在模框上与模瓣距离比较近的位置加工出一些通孔,必要的时候可以进行风冷或者水冷。

这样改进的目的是防止模框温度升高,产生变形。改进后的模瓣及模框的三维数模如图6、7所示。

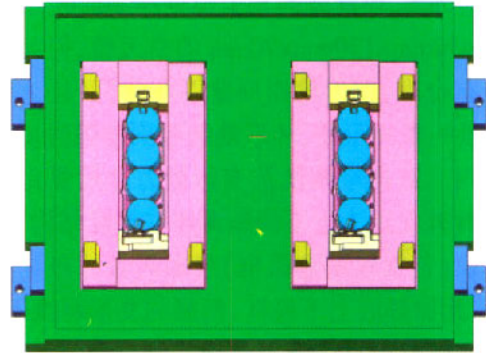


图6 上模瓣及上模框

Fig.6 Upper die flap and upper frame of the mold

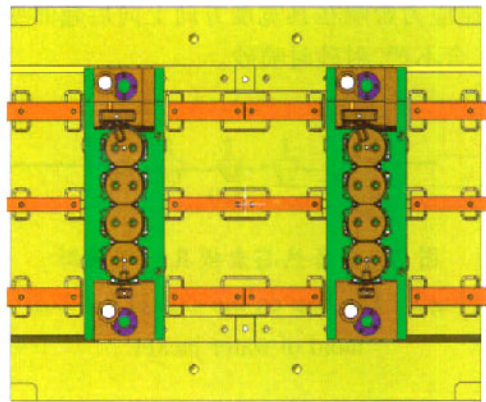


图7 下模瓣及下模框

Fig.7 Lower die flap and lower frame of the mold

2.1.2 模瓣热稳定设计

(1)侧模瓣加厚,将2个单体芯盒的中心距在设备所允许的范围内加大25mm,侧模的开合模空间就会随之加大。这样在保证开合模的最小行程和正常使用的条件下,将侧模瓣加厚至183mm,改变侧模瓣端头连接机构,将长度缩短为700mm,长宽比变为3.9:1,大大改善了结构的不合理性。

(2)由于侧模瓣宽度的增加,加热管可以均匀布置,使侧模瓣受热均匀,整体平均变形。

(3)根据侧模瓣热膨胀程度,分型面留合适的分型负数。

2.2 射嘴的改进设计

(1)为了使砂芯表面光滑和不被压坏,必须将砂柱去掉,才能解决问题。砂芯表面不存留砂柱,只能采用埋入式射嘴,但由于型腔温度很高,采用埋入式很容易使射完砂后存留在射嘴体内的砂子固化,堵塞射嘴,为此还必须要给射嘴加上冷却结构,采用水冷的办法。为此专门设计了一种埋入式水冷射砂嘴,图8为埋入式水冷射砂嘴结构。

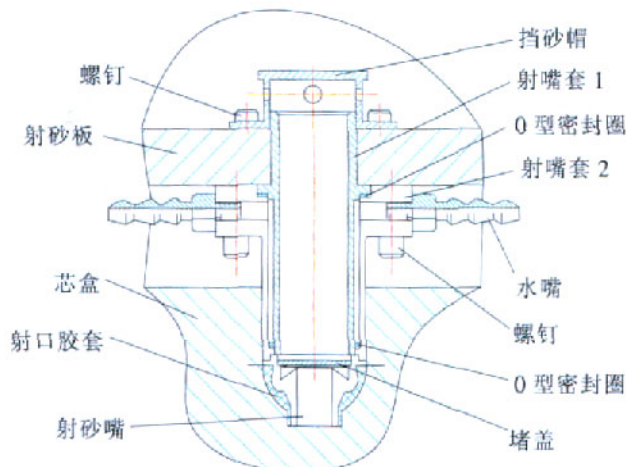


图8 埋入式水冷射砂嘴的基本结构

Fig.8 Basic structure of immersed and water cooled ejecting sand outlet

(2)射砂嘴工作原理:模具全部安装到射芯机上后,上下(左右)模瓣合模,整个芯盒体移至射砂工位下,如图9所示。射头下压,水冷射砂板在定位销的导向作用下,使射嘴顺利插入上模瓣的射嘴孔中,开始射砂。在图8中,覆膜砂从挡砂帽侧壁上的4个小孔进入射嘴体,又从堵盖与射嘴体内壁之间的缝隙进入射嘴头,砂子从射嘴头进入上模瓣。在射砂的同时,分别流经射砂板和射嘴的循环水流对射砂板和射嘴进

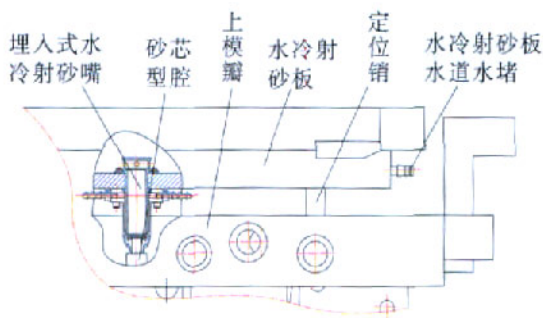


图9 装有埋入式水冷射砂嘴的射砂工位图

Fig.9 Working position diagram of ejecting sand with immersed water cooled ejecting sand outlet

行冷却。射完砂后射嘴头拔出,整个芯盒体移至压芯杆板下,压芯杆板压上安装止动块。压芯杆进入上模瓣射嘴孔中,由止动块控制下压距离,将射嘴拔出后留下的余砂压平,同时模瓣内的砂芯开始受热固化,固化好后,开模取出砂芯。

(3)部分部件功能详解:(a)因为覆膜砂的流动性非常好,在射嘴内设置了二次挡砂,也就是挡砂帽和堵盖的作用。(b)水冷系统的设计是为了防止因覆膜砂固化而堵塞射嘴。上下密封圈防止水冷射砂嘴漏水。

此射嘴已经经过试验论证,使用效果良好。

2.3 下顶出部分的改进设计

在合模状态时,下模瓣型腔到下顶杆板的距离是一定的,增加固定座的高度就能减少下顶杆的长度,根据顶出行程的需要,下顶杆固定座加长到150mm(见图10),下顶杆固定座的圆柱部分直径为 $\phi 15\text{mm}$,使下顶杆在工作过程中,强度有了足够的保证。这项改进在其他型号的模具上已经得到了成功的验证。

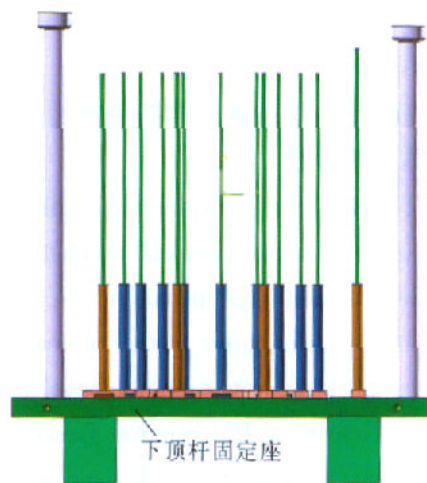


图10 下顶杆固定座安装示意图

Fig.10 Installation of the lift rod mount

2.4 侧模瓣导轨定位和侧拉块的改进

(1)将原来的2根T型导轨改成3根直导轨(见图7),导轨槽变成直槽。中间的导轨定侧模瓣中心位置,两侧导轨定模瓣的高度,同时每根导轨的外向内侧对侧模瓣前进后退的方向粗定位。这样的改进既满足了使用的需要,又解决了侧模瓣拆装的困难。

(2)采取用几块板料焊接的形式来做侧模瓣侧拉块(见图11),由于改进后模具2个单体芯盒中心距的加大和侧模瓣的增厚,使侧模瓣侧拉块的长度可以减少90.5mm。改进后的侧模瓣侧拉块不仅重量大大减轻,而且还节省了材料。(下转第85页)

的 0.02mm。通过切削参数优化,零件的表面质量有所提高。

3 优化前后效果对比

使用优化切削参数进行了实际零件加工,优化前、后切削参数、切削效率及其加工效果明显提高(参见表 1)。粗加工切削效率提高了 1.16 倍,精加工基本消除了超差现象,且零件的表面加工质量有明显提高。

4 结论

(1)由于零件和加工用刀具的刚性都很弱,整体叶轮加工过程中极易发生颤振。对加工系统进行动力学特性参数测试,对加工系统的颤振稳定性进行仿真,将加工系统稳定性作为关键约束条件引入到切削参数优化过程中,可充分利用稳定性叶瓣图来避振和提高加工效率。

(2)在加工钛合金、高温合金等难加工材料时,切削温度对刀具的使用寿命起到了关键的作用,使用 Cutpro 软件进行切削温度仿真,可有效避免刀具的过快磨损。

(3)综合应用切削加工动力学仿真技术,成功地实现了整体叶轮加工的切削参数优化,解决了加工中存在的问题,提高了加工效率。

参 考 文 献

- [1] Budak E, Altintas Y. Analytical prediction of stability lobes in milling. *Annals of the CIRP*, 1995, 44(1): 357-362.
- [2] Budak E, Altintas Y. Analytical prediction of chatter stability in milling—part I: general formulation; Part II: application to common milling systems. *ASME J. Dyn. Syst., Meas., Control*, 1998, 120: 22-36.
- [3] Engin S, Altintas Y. Mechanics and dynamics of general milling cutters—Part I: helical end mills. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. 2001, 41: 2 195-2 212.
- [4] Lazoglu I, Altintas Y. Prediction of tool and chip temperature in continuous and interrupted machining. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2002, 42: 1 011-1 022.
- [5] 金晓亮,刘强,袁松梅.基于虚拟仪器的数控机床动态特性测试与分析系统研究. *制造技术与机床*, 2007(6):77-80.
- [6] 刘强,尹力.一种面向数控工艺参数优化的铣削过程动力学仿真系统研究. *中国机械工程*, 2005, 16 (13):1 146-1 149.
- [7] Budak E, Tekeli A. Maximizing chatter free material removal rate in milling through optimal selection of axial and radial

depth of cut pair. *Annals of the CIRP*, 2005, 54(1): 353-356.

- [8] CutPro. Analytic and time — domain process simulation software package—milling module[EB/OL]. 2000[2007-11-1]. <http://www.malinc.com/CutPro/index.htm/>. (责编 金卯)

(上接第 79 页)



图 11 焊接形式的侧模瓣侧拉块
Fig.11 Welded die flap and pulling chip on the side of the mold

3 结束语

此次发动机缸体水套热芯盒模具的改进设计改变了靠经验和计算修正整体模具热变形偏移量复杂的传统设计理念,创新地提出了模框冷、模瓣热,冷热分开的新理念,有效地解决了因热变形而带来的模具热稳定性的问题。在此次改进设计中,又创造性地设计了埋入式水冷射砂嘴,从而打破了埋入式射嘴只能在冷芯盒上使用的专利,提高了热芯盒制芯的质量与生产效率。同时因为此次的改进,不仅改进后的模具重量比以前减轻了至少 30%,而且机械加工的部位也减少了很多。因此这次改进设计不仅解决了技术问题,同时还很大程度地降低了模具制造成本,为以后热芯盒模具的设计提供了参考。

参 考 文 献

- [1] 刘文川,姜善涛.热芯盒几种附件结构的优化设计, *中国铸造装备与技术*, 2003(1):25-28.
- [2] 刘文川. 462Q 气缸体水套砂芯制芯工艺及热芯盒设计. *铸造设备研究*, 2000(1):20-22.
- [3] 刘文川,王兴平,谭勇,等.干式缸套气缸水套砂芯热芯盒的优化设计. *中国铸造装备与技术*, 2005(1):41-45.
- [4] 刘文川,周红梅,黄睿.热芯盒几种附件的通用性优化设计, *中国铸造装备与技术*, 2005(6):38-40.

(责编 钟元 金卯)