DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.04.006

大型铝合金箱体中的深孔铸造技术研究

王东军[1],王　伟[2],原建明[2],王光伟[2],师文琴[2],王云飞[2]
(1.海军驻大同地区军事代表室,山西 大同 037036;2.山西柴油机工业有限责任公司,山西 大同 037036)

摘　要:介绍了一种新的大型复杂铝合金箱体高压油道的铸造过程,研究了箱体高压油道选用不同的制芯材料和工艺对油道致密度及性能的影响,并试验验证了这种新型复合材料和工艺。结果表明,这种材料具有较强的激冷作用,还具有高的热导率、比热容和密度。使用这种材料所制成的油道芯不仅发气量低,而且透气性较好和良好的溃散性,同时有较高的强度和耐火度。这种新工艺既能保证了油道芯的刚度,又保证其具有良好的透气性,可以满足各种大型铝合金箱体深孔的铸造成形。

关键词:大型铝合金箱体;深孔铸造;新型复合材料

中图分类号:TG292　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)04-0331-03

Study on As-cast Deep Internal Cored Hole in Aluminum Alloy Cylinder Block

WANG Dongjun[1], WANG Wei[2], YUAN Jianmin[2], SHI Wenqin[2], WANG Yunfei[2]
(1. Navy Military Affairs Comissary Office in Datong, Datong 037036, China; 2. Shanxi Diesel Engine Industries Co., Ltd., Datong 037036, China)

Abstract: The casting process of a new high pressure oil channel of large and complex aluminum alloy cylinder block was introduced, and the influence of different core materials and processes on the density and performance of oil channel was studied. The new composite materials and process were verified by experiments. The results show that the materials have strong chilling effect, high thermal conductivity, specific heat capacity and density. The oil channel core made of this material not only has low air volume, but also has good air permeability and good dispersibility, and has high strength and refractoriness. This new process can not only guarantee the rigidity of oil channel core, but also ensure its good permeability, which can satisfy the casting and forming of various large aluminum alloy cylinder block with deep holes.

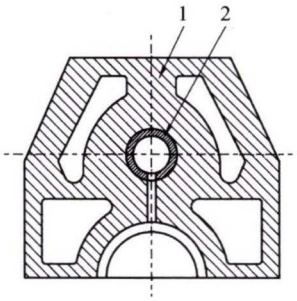
Key words: large-scale complex aluminum alloy cylinder block; deep-hole casting process; new composite material

发动机箱体是发动机的重要零部件,随着发动机向着大功率、轻量化、高集成度方向发展,对发动机箱体的常温强韧性和高温抗疲劳性都也提出了更高的要求,箱体的铸造方法也由原来的重力铸造改进为反重力铸造,箱体的高压油管也由外置油管改为箱体嵌铸钢管到直接在基体上铸出高压油道[1,2]。通过试验验证这种材料不仅具有较强的激冷作用,还具有高热导率、高比热容和高密度的物理特性,同时具有低发气量、好的透气性和良好的溃散性,能满足高压油道的成型及性能要求。

1　箱体结构及工艺方法

1.1　原箱体结构

某型号发动机箱体,材料 ZL702A。采用砂型反重力铸造工艺方法生产,箱体内部有一根供发动机主轴润滑和活塞冷却与润滑的高压油道,油道贯穿整个发动机箱体长度方向,直径 ϕ40 mm,油道承受压力 1 MPa 以上。油道是由钢管嵌铸在铝合金箱体内形成,目前很多铝合金箱体的铸造仍都采用这种结构方式,见图 1。由于所嵌铸的钢管有较高的强度和刚度,所形成的油道能承受较高的压力。



1- 铝合金本体;2- 钢管

图 1　铝合金箱体
Fig.1　Aluminum cylinder block

1.2　新箱体结构

新研制发动机的设计是在铝合金箱体上直接铸造形成主油道,新研制的发动机箱体主油道大都采用了这种结构,取消了传统的钢管嵌铸。见图 2;该

收稿日期:2020-01-20
作者简介:王东军(1979-),河北丰润人,工程师.从事船用柴油机的质量质量监督与验收.

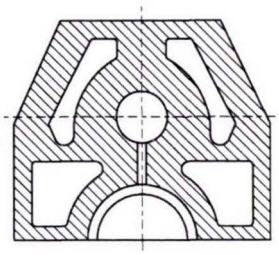


图 2 新式铝合金箱体
Fig.2 New type aluminum cylinder block

设计方式突破了传统的钢管嵌铸,形成的主油道是在铝基体上直接形成,因此无论对箱体的整体强度还是主油道的密封性都有了更高的要求。

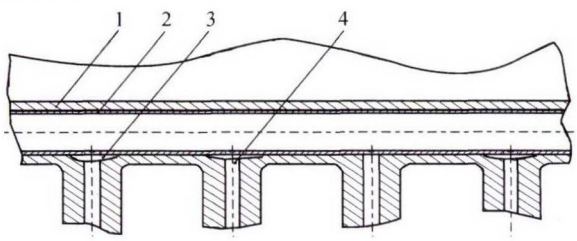
1.3 原箱体工艺及存在问题

1.3.1 原箱体工艺

该工艺采用钢管嵌铸方式,将符合油道直径的钢管经过酸洗、喷丸、预处理,为防止金属液进入钢管内,将钢管的两端用树脂砂封堵。下芯时将处理好的钢管安放在主油道的位置上固定,下好的钢管要加以覆盖避免水渍、油污溅落在上面。

1.3.2 原工艺存在问题

虽然钢管经过喷丸处理,但是由于钢管和铝基体材质不同,钢 / 铝物理力学性能存在差异,以及钢 / 铝界面浸润性差,嵌铸过程的热膨胀系数和凝固过程的收缩值不同等复杂因素,凝固后在钢管和铝基体之间存在间隙,形成夹层缺陷,见图 3。这种缺陷在箱体隔板处和箱体冷却喷油座部位出现的几率更大。因为主轴的润滑是主油道通过隔板上的油孔实现的,活塞的冷却和润滑也是主油道通过冷却喷油座的油孔实现的,因此要求隔板和钢管、喷油座和钢管打通,在加工隔板和喷油座的油孔时,切屑产生的钢屑极易进入夹层里,既不容易发现更不容易清理,在发动机处于工作状态或震动时以及受到高压油的冲刷时,隐藏在夹层里的钢屑很容易进入发动机轴承形成事故隐患。



1- 铝基体;2- 钢管;3- 夹层空间;4- 油孔

图 3 夹层缺陷示意图
Fig.3 Schematic diagram of interlayer defects

2 新试验方法及存在问题

2.1 普通树脂砂工艺及存在问题

由于原发动机油道采用钢管嵌铸方法容易形成夹层缺陷,因此新研制发动机设计采用在箱体上直接铸造形成主油道。试制初期主油道芯采用树脂砂制芯,由于普通树脂砂的强度较低且激冷效果差,所形成的主油道周围组织致密度和箱体其它部位的致密度接近,有些部位的致密度甚至低于箱体其它部位,因此采用这种方法生产的箱体油道的密封性很难达到主油道密封性要求。并且由于单一砂制成的芯子强度较低,在浇注过程中芯子受热膨胀容易出现开裂形成了夹层缺陷,而且油道芯产生的气体不能及时排出型外,容易使油道的周围部位产生气孔缺陷,对箱体性能造成一定的影响,因此采用普通树脂砂形成主油道的工艺方法难以满足主油道的性能要求。

2.2 铸入钢管工艺及存在问题

在采用树脂砂制芯形成主油道的方法未能达到设计要求,又采用了一种新的钢管嵌铸方法来形成油道孔,具体的做法是选择小于油道孔直径的钢管,采用和原钢管嵌铸相同的工艺方法,其主要目的是利于钢管的刚性和激冷作用,使钢管四周的铝基体组织致密。然后采用钻孔的方法再去除掉钢管,这样做既保证了油道周围的组织致密,也保证了整个油道的尺寸精度,但是在去除钢管的过程中,由于主油道长度超过 1 200 mm 以上,加上嵌铸的钢管强度比铝合金基体高很多,以及深孔钻的长径比较大,钻孔时钻头刚度有所降低,出现所钻的孔不同心,另外钻削过程中由于钢屑硬度高和深孔排屑困难等原因,在加工过的铝基体面上形成了很深的螺旋划痕,因此采用钢管嵌铸后再加工的方法不能满足主油道的设计需求。

3 新型材料及试验方法

3.1 新型复合材料成形工艺特点

新型的复合材料和新的成形工艺技术,解决了原铸造工艺方法难以解决的深孔铸造技术问题;突破了目前深孔成形依赖钢管嵌铸的技术壁垒,既避免了普通砂制芯生产的箱体油道不能满足密封性的要求,又解决了采用嵌铸钢管再钻孔造成的油道不同心和划伤铝基体的问题。

3.2 新型复合材料成分及配比

新型复合材料主要成分包括:铁(钢)丸、铁粉、原砂、树脂砂粘结剂。

材料规格:铁(钢)丸,直径 0.3～0.5 mm;铁粉,粒度 70～100 目;原砂,粒度 50～100 目;自硬树脂砂粘结剂:组份Ⅰ+组份Ⅱ。

要求铁(钢)丸、铁粉、表面不能有锈蚀和结块

现象。

材料配比：铁（钢）丸 50%～60%；铁粉 30%～40%；原砂 10%～20%；树脂粘结剂 1.5%～2.0%（占复合材料重量）。铁（钢）丸、铁粉、原砂的配比可根据不同的铸件结构、油道周围的壁厚和油道压力的大小以及油道孔的表面粗糙度进行调整。

3.3 钢管的制备

钢管为普通无缝钢管，钢管规格根据所要形成油道孔的直径来决定，要求钢管有足够的刚度，壁厚≥3 mm，保证浇注过程中钢管受热变形不超过规定值，钢管表面无锈蚀、油渍，在钢管长度方向间隔40～60 mm，沿钢管直径方向钻 $\phi3$～$\phi5$ 的通孔，然后旋转 90。钻 $\phi3$～$\phi5$ 的通孔，使用前钢管进行喷丸处理。见图 4。

3.4 制芯工艺

把准备好的钢管放置在芯盒中间固定，在钢管两端孔处放置两根纤维通气绳，伸进管内约 30 mm，将混制好的复合材料填入芯盒中震实，待芯子固化后出型，出型后芯子放置在平整的芯板上，固化 24 h，见图 5。

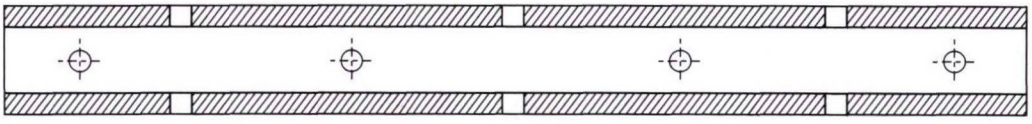
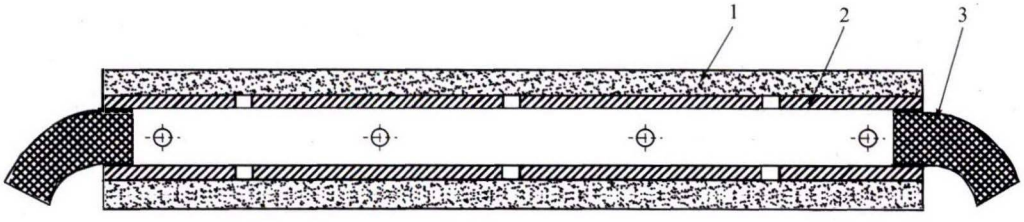


图 4 钢管制备
Fig.4 Steel tube preparation



1- 复合材料砂芯；2- 钢管；3- 通气绳

图 5 制芯工艺
Fig.5 Core-making process

3.5 芯子表面处理

使用前在芯子表面刷醇基涂料后点燃，然后冷却到室温。

下芯浇注工艺：

把油道芯放到制好的下铸型中，芯子两端的通气绳通过下铸型两端的通孔伸到铸型外，然后用树脂砂把孔周围封严并固化。浇注时芯子产生的气体进入芯子中间的钢管内，再通过通气绳排到铸型外。

4 结语

这种新型复合材料不仅具有较强的激冷作用，还具有高热导率、高比热容和高密度的物理特性，所制成的芯子不仅发气量低而且有较好的透气性和良好的溃散性，同时有较高的强度和耐火度。

试验验证，采用新型复合材料浇注的箱体铸件油道孔内的复合材料清理顺利，孔内的复合材料完全溃散，通过对铸件的解剖检验深孔表面均匀一致，无粘砂和铝液浸入现象，经过对试验件径向解剖孔的周围组织与其它部位相比，靠近芯子部位的组织更加致密，达到预期效果。突破了制芯砂为单一砂的传统工艺，可实现制芯材料热物性参数根据不同要求连续调整。

用这种新型复合材料制成的芯子能同时满足强激冷、易溃散、低发气的铸造需求。在芯子中间放置钢管能满足大型铝合金铸件深孔的尺寸精度要求；通过在钢管周围打通气孔放置通气绳能有效地解决了铸件深孔铸造型芯排气问题。对异形结构的油道，采用这种复合材料和制芯工艺方法具有明显的优势。

参考文献：

[1] 王双保. T92 锅炉钢抗高温性能及其微观组织表征[D]. 长沙：湖南大学，2009.

[2] 孙丹红，张然治，田永海. 高功率密度柴油机关键技术及其应用[J]. 铁道机车车辆，2011，31(1):67-71.