

活塞铸造工艺综述

刘伏梅

(石家庄金刚内燃机零部件集团有限公司)

[内容提要] 本文根据活塞直径大小不同, 其铸造工艺有别的特点, 分别论述了生产小活塞用上抽芯手工模, 生产中型活塞用下抽芯浇注机, 生产大活塞用液态模锻的三种不同的铸造工艺和每种工艺特点相应的注意事项等。同时向活塞浇注同行介绍就如何改进铸造工艺的一些“经验”与体会及失败的教训, 以供读者共同探索、讨论。

[关键词] 铝活塞 铸造工艺 发展

1 前言

活塞是发动机的核心部件, 目前国内外多采用铝硅共晶合金或过共晶 Al-Si 合金来生产活塞。活塞产品性能好坏直接关系到发动机性能。因此, 活塞生产厂家和活塞用户都非常注重活塞的产品质量, 尤其是市场竞争性强的活塞生产厂家为了提高活塞的内在质量, 一方面经常不断地改进生产条件, 更新铸造设备; 一方面集中力量研究和改进铸造工艺, 达到以最少的投入生产出合格的优质产品来。

本文重点是根据活塞直径大小不同, 其铸造工艺有别的特点分别就如何改进铸造工艺的问题谈谈一些体会与做法。

2 微型小活塞的铸造工艺

微型小活塞通常指直径在 $\phi 80\text{mm}$ 以下的微型轿车活塞、摩托车活塞、空压机和水泵等小型活塞。小活塞多为薄壁活塞, 但有的内腔结构也较复杂, 铸造生产中最容易产生环槽缩松和销孔内疏松, 外圆和顶部产生针孔、渣眼等铸造缺陷。目前, 国内生产此类小活塞多采用金属型手工铸造方法, 少数厂家采用双模或多模浇注机生产; 也有的采用压铸方法来生产。不管采用什么方法, 其目的就是以最少的投入获得最好的产品质量。

从国外引进的双模或多模浇注机, 一般都采用顶冒口、浇注时模具通水或通气冷却。下抽芯的浇注方法, 由于浇注工艺先进, 产品质量有保证; 压铸生产工艺, 由于活塞在冷却过程中受外界压力的作用使晶粒细化, 消除了组织缩松等铸造缺陷, 从而提高了活塞的内在质量。

手工浇注方法一次性投入少, 生产简便, 适用于

中小企业和个体生产者, 手工浇注方法最大的问题是产品质量不稳定, 铸造废品率高。为了克服这些问题必须注意和重视以下几个问题:

1 必须重视模具设计和制造质量

活塞模具设计的关键是把握好外模的总体尺寸, 模壁厚度和模具的总重量, 合理设计浇注系统, 冒口尺寸及冒口形状和位置, 采用合理的排气措施。在保证产品质量的前提下, 尽可能缩小浇冒口系统的比重, 以提高铝水的工艺出品率, 节约能源及原辅材料的用量。实践证明, 倾斜 $15^\circ \sim 30^\circ$ 附加撇渣包的刀口式浇注系统适合小活塞生产。见图 1。

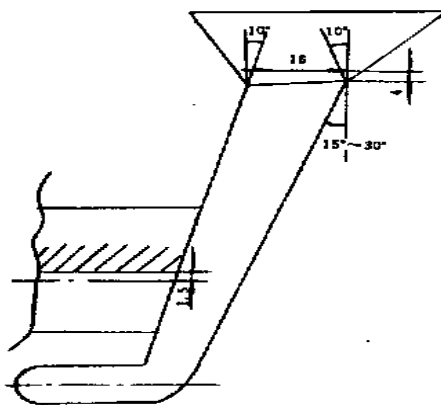


图 1

二十年前, 我厂 BJ212 活塞模具重达 50 多公斤, 浇冒口 毛坯 2 2 1, 当时铸造废品率高达 30% 以上; 后模具总重量减轻一半多, 浇冒口 毛坯 = 0 7 1, 活塞内在质量大大提高, 废品率下降了十倍, 创造了很好的经济效益。

有的生产厂为了解决产品缩松问题, 常常在活塞两销孔下面的环槽区加补缩带(包), 这样虽能有

效地控制缩松的产生,但加大了铝水的用量,增加了去浇冒口、补缩包的工作量和粗车外圆工序,故一般不用此法,必要时可采用水、气冷的方法来代替。

设计模具时,要特别注意底模的冷却效果和排气方法,作者推荐使用薄壁水冷底盘,参见图2。

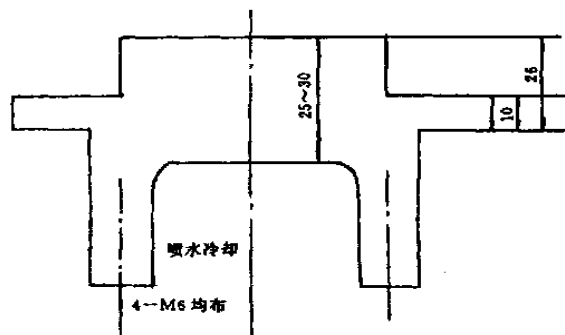


图2

内芯设计要特别注意合理选择分型面;确保有足够的潜热能力和合理的排气措施。

模具的制造质量也很重要,必须按图纸要求加工,否则会影响模具的使用效果。某厂在加工 JH 70 活塞外模时,不小心将一侧销孔车大了,为不报废整模在销孔内镶了一铁套,投入生产后,活塞销孔内疏松严重,废品率高达 20% ~ 30%。

2 把好合金熔炼的质量关

把好合金熔炼质量关的关键是——

1) 控制和调整好合金的化学成分,这里特别强调的是易损元素金属镁经多次重熔后会大大减少,为了确保活塞的热处理强化效果,必须确保有足够的镁含量;同时应严格限制有害元素—Fe 含量过高,但考虑到生产的实际情况和降低生产成本的需要,我们认为活塞本体取样其铁含量不大于 0.7%,比旧标准规定的 0.4% 放宽了,为了减少 Fe 的有害作用,必须按一定比例加入金属锰。

2) 选择合理的精炼剂、除渣剂和变质剂: 我们要求经精炼、变质后的合金含气量少,浇注后不产生针气孔、渣眼,产品金相和机械、物理性能符合国家有关标准要求。在这里我向同行推荐红枚—1 号磷复合变质剂,此变质剂是经过鉴定的合格产品,多年来在多家大型工厂和摩托车、汽车活塞行业厂使用,反映良好。

3) 必须按工艺要求控制好合金的精炼、变质和浇注温度,并尽可能缩短熔炼时间。

3 把握好金属型铸造工艺中的几个要素

1) 薄壁小活塞铝水用量少,模具浇前需充分予热和喷刷涂料,达到延长模具使用寿命,调节铸件冷却速度、提高冒口补缩能力和铝水充型能力,改善产

品外观质量的目的。

2) 严格工艺纪律,按操作规程浇注。

浇注温度应视季节和采用合金性质及变质方法作适当调整,冬季温度稍高些为好;磷变质比钠变质合金流动性好,温度可适当低些。

浇注循环周期要有规律,过快冒口易掉,影响产品质量;过慢模具降温快,难保温度梯度,对铸造质量影响较大;因些,生产者应根据模具结构特点、活塞大小及当时的气候条件等适当调整。掌握和运用好小型活塞的铸造工艺是至关重要的。

3 中型活塞的铸造工艺

直径在 $\varnothing 80 \sim \varnothing 200\text{mm}$ 中型活塞种类多,品种多,产量大,具有一定规模的生产厂就有好几十家,先后有几家厂引进了英国、日本等国的镶环浇注机,有几家引进了世界最先进的德国公司生产的自动浇注机和变频炉等先进设备及铸造技术、检测仪器等,从而彻底改变了手工浇注一统天下的落后生产状况,使我国活塞铸造工艺产生了质的飞跃。

浇注机铸造工艺具有许多独特的优点:

首先,机用模具是经过试验,电脑测绘、设计合理的符合铝合金顺序凝固规律,确保铸件无铸造缩松等缺陷;在同一台浇注机上可一次完成镶环、铸内冷油腔、镶防膨胀钢片等复杂工艺,这些都是手工浇注难以做到的,因此,高性能发动机活塞生产厂都一般采用浇注机生产。

其次,浇注机铸造活塞有严格的浇注工艺参数,如合金浇注温度、模具通水(气)顺序、水量大小、通水时间及循环周期等等都是经反复试验、对比选定的,且是自动控制的,很少受人为因素影响,因而产品质量稳定,铸造废品率很低。

简介镶环、镶钢片和铸内冷油腔的工艺要求。

1 镶耐磨铸铁圈工艺

铝活塞镶耐磨铸铁环后可大大减少环槽磨损,使活塞使用寿命提高一倍以上。

奥氏体铸铁耐磨圈在 300 以内的膨胀系数应与铝活塞本体(如 ZL 109 合金材料等)的膨胀系数相近似,而且有良好的耐磨性和切削加工性能等。

镶环质量的关键是确保环与活塞本体有足够的粘结强度,做到这一点耐磨圈浇前渗铝工艺很重要,经渗铝后的耐磨圈应尽快浇注完,否则氧化结合不好。要求渗铝后的耐磨圈在 40 秒钟内必须浇完。

镶环活塞不可进行淬火处理,以免影响粘结强度。可用超声波检查其粘结强度和粘结面积。耐磨圈与活塞本体应为分子结合,结合层厚度约为 0.01

~ 0.05mm; 过渡层厚度一般为 0.12~ 0.25mm; 耐磨圈与活塞本体的结合面积不能小于 85%。

2 镶钢片(钢圈)工艺

镶钢片(圈)后的铝活塞, 因钢片的热膨胀系数比铝合金的热膨胀系数小, 能阻碍活塞裙部推力面上的热膨胀, 从而可以减小活塞裙部的装配间隙, 提高活塞的运转性能, 对消除噪音、减少拉缸等起到了较好的作用。

钢片的形状大致可分为两类: 第一类为片状, 每只活塞镶入两片——两销孔座位置处各一片, 如东风 140 活塞, CA 488 活塞, 桑塔纳 103A E 型活塞等都属这种类型; 第二类是环状或筒状——镶入活塞裙部, 例如桑塔纳轿车 103AD 型活塞等等。

手工铸造镶钢片时, 可在芯模上设置两直径同钢片上两孔直径一样大小的定位装配凸台即可; 对于小片状无装配孔的钢片, 也可通过在内芯模上设置耐高温磁铁及限位台阶, 靠耐高温磁铁的吸力及限位台阶的定位来达到方便铸造的目的。这里需要补充说明的是, 钢片一般不需经酸洗处理, 但保管中应注意防潮防锈, 用前进行加热处理。为了确保镶钢片(环)的质量, 对钢片的材料和钢片的制造工艺要求较严, 目前国内多采用 08A1 钢板; 国外常采用 ST103 钢板制成, 以确保制成的钢片(圈)具有一定柔韧性和抗氧化性; 制造工艺粗糙的钢片浇注后容易变形, 与活塞本体贴合度差, 增加了铸造废品。

3 铸内冷油腔工艺

为了降低高速大功率发动机活塞头部的温度, 常常在浇注活塞时在活塞头部加放水溶性盐芯来形成活塞头部内冷油腔。这个环状冷却油腔只有两个狭长的油孔与外界相通, 是完全闭合的空腔。

为了确保内冷油腔畅通无阻, 表面光滑, 所以必须选用优质的盐类做原料, 压制成型后加工成所需的型芯备用。

活塞铸成后, 再用高压水把盐芯冲洗干净即可。上世纪七十年代, 国外曾有人采用泡沫碳做内冷油腔的芯材, 并取得满意效果; 但因采用这种材料生产成本较高, 且对环境有一定污染, 故未能推广。

生产中型活塞的铸造方法较多, 各厂铸造工艺各具各自特色。

4 大型活塞的铸造工艺

直径在 $\varnothing 200\text{mm}$ 以上的大活塞具有个大、壁厚、用铝多、凝固慢和相对批量较少的特点, 采用上抽芯金属型铸造难度较大, 废品率也较高, 模具使用

寿命短, 生产成本较高; 如用砂型铸造, 生产效率低, 产品内在质量差.....。

下边重点介绍液体态模锻工艺。

液态模锻, 又称挤压铸造。早在上世纪七八十年代, 发达国家此项技术发展较快, 他们可以用挤压铸造工艺铸造镶防胀钢片活塞; 铸造复合材料与镶嵌相结合的复合活塞; 铸造非对称性可溶盐芯内冷油腔活塞; 还可以将含 20% ~ 25% 的有渗透性的陶瓷或金属纤维镶嵌在活塞顶部燃烧室的环形口上, 来防止热应力与机械应力引起的径向开裂等等。

七十年代中期汽车工业搞了一个百项科研攻关计划, 液态模锻就是其中的一项, 当时由南京金陵汽配厂和南京工学院合作承担此项目, 在他们的共同努力下, 圆满完成了攻关项目。目前利用挤压铸造技术铸造厚壁、大活塞的厂家已有多家, 如上海某厂有挤压铸造机十几台, 各种大小不同的船用、工程机械用活塞等在该厂都可以铸造, 该厂的熔炼设备齐全, 可熔化铸造各种不同的合金。

液态模锻工艺的主要特点是:

- 1) 金属液在压力下结晶凝固, 因而可细化晶粒;
- 2) 液态模锻铸造活塞无浇冒口, 合金的工艺出品率高达 95% 以上, 对节材降耗大有益处;
- 3) 液态模锻可不受合金材料限制, 适用范围广, 国内用来铸造活塞的 ZL110、ZL108、ZL109 和含 Si 高达 26% 的过共晶合金均可用来挤压铸造。

采用液态模锻工艺需注意的几点:

- 1) 液态模锻工艺可细化晶粒, 但不能代替合金的变质处理;
- 2) 采用液态模锻工艺, 在比压、压模预热温度、保压时间等工艺参数确定后, 溶液的质量, 即精炼、变质的效果和合金的浇注温度等的控制就成为影响产品质量的重要因素;
- 3) 液态模锻可以消除组织疏松、压合大个气孔; 但无法去除氧化夹渣及微小气孔, 这些只能通过严格的精炼工艺来实现其目的;
- 4) 采用液态模锻要特别注意对压模的保护, 科学选用和合理喷涂压模涂料是保护好压模的关键。

活塞铸造工艺包含的内容很广, 学问很深, 可以说任何单位、任何个人都不敢说我们的铸造工艺最好最先进, 只可说我们会继续努力, 争取做得更好。由于本人学识水平有限, 经验不足, 以上论述如有不当之处, 恳请阅读者批评指正。