

氢燃料电池电堆壳体的低压铸造模具设计

金海威 郑敏 黄海马 贾永闯
宁波合力科技股份有限公司 浙江宁波 315700

摘要: 本文分析了氢燃料电池电堆壳体的低压铸造工艺性, 并从铸件工艺选择、浇注系统、冷却系统、排气系统和加热系统等几方面介绍了该产品的模具结构设计。

关键词: 电堆壳体; 低压铸造

Design of low-pressure casting die for hydrogen fuel cell stack shell

Jin Hai-wei, Zheng Min, Huang Hai-ma, Jia Yong-chuang

Abstract: In this paper, the low-pressure casting technology of hydrogen fuel cell stack shell is analyzed, and the key points of mold structure design are introduced from casting process selection, gating system, cooling system, exhaust system and heating system.

Keywords: stack shell; low-pressure casting

引言:

人类历史上重大的科技进步和生活方式的变化都离不开能源的迭代。每一次科技的进步都伴随能源消耗的巨大提高, 人类需要更高热量更高效率, 更稳定和广泛的能源。

伴随经济的持续发展, 能源和环境问题成为人类关注的焦点。新能源中应用最普遍的光伏和风电共同的特性就是不稳定, 存储不方便, 大量被浪费, 而氢能源单位热量高, 无论是压缩气体还是液态都是小体积大能量, 应用场景广泛。新能源汽车又是生活中新能源最常见的应用, 国家在电动汽车的研发和应用已经比较成熟和先进, 而氢燃料电池汽车的研发还在起步阶段。

目前国内氢燃料电池汽车的布局就是港口+煤炭企业+城市交通这三个场景。为了将产业布局和应用场景有机结合, 国家及各省市都加大了在氢能源的投资和研发。浙江计划建设氢示范线路, 打造具有浙江特色的两条“氢走廊”。一是依托G92(环杭州湾高速)串联起嘉兴、杭州、绍兴、宁波等环杭州湾重要节点城市, 加快当地产业发展, 协同打造“环杭州湾”氢走廊, 加快形成长三角氢燃料电池汽车产业集群; 二是以金华、宁

波、舟山为重点, 依托G15(甬金高速)建设氢能高速通道, 围绕自由贸易区创新发展, 着力构建“义甬舟”氢走廊^[1]。

氢燃料电池核心之一是电堆, 氢燃料电池电堆壳体是电堆的重要组成部分, 电堆的其余配件都是装配在其壳体上, 电堆壳体需要足够的强度, 且达到IP68的防护要求, 从而给内部配件提供了有效的防护。

一、模具结构分析

1.1 产品分析

此款氢燃料电池电堆壳体(图1)的外形尺寸为680mm×680mm×280mm, 基本壁厚为5mm, 铸件(包括浇冒口)重量约35kg, 材质为AlSi₉Cu₃。

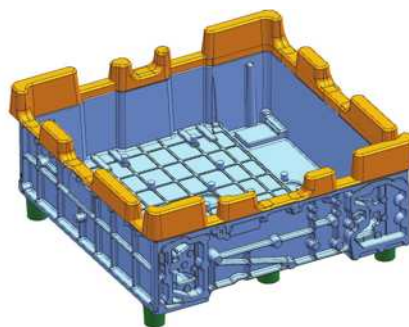


图1 氢燃料电池电堆壳体

1.2 工艺分析

相对重力铸造和高压铸造，低压铸造在压力下凝固结晶，更能获得组织致密、力学性能较高的铸件，适合此款大薄壁产品。

根据低压的铸造工艺，需要将产品留在上模，由上模顶出后取件，结合产品和设备结构，此模具设置了前、后、左、右的抽芯结构，首先四个方向抽芯后，再上、下开模，最后上模顶出铸件。确定模具结构后，根据此产品需要的强度，浇注材料选择了 $AlSi_6Cu_3$ ，此材料可以满足客户的产品需求，同时该材料的浇注流动性不错，比较适合体型大且薄、高度高的铸件。

1.3 浇注系统

此铸件体型大且薄，高度高，搭子多而分散，铸件比较单薄的特点，设计了多个浇口，为了保证充型流畅性，在窗口处增加了充型通道，需要后期加工去除，针对铸件上法兰有厚大搭子，搭子与浇口距离远，浇口补缩不到，在上法兰面设置了冒口进行补缩，同时冒口的存在也利于铸件的充型和排气。浇注系统完成后，通过CAE仿真软件分析并优化。仿真缩松结果见下图2，对于CAE仿真难以避免的热节，可以通过后期的模具设计进行优化，厚大部位采用镶块加水冷的方式来避免铸件缩松，这种方式在实际浇注过程中效果极好，可以尽量避免缩松的产生。

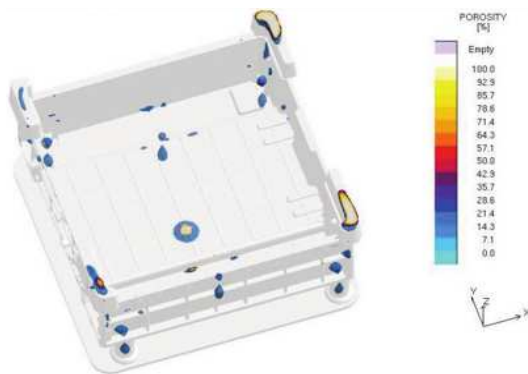


图2 模流分析缩松图

1.4 冷却系统

产品的受力部位和机械性能要求高的区域需要设置合理的冷却或补缩，避免产生缩松或热裂。铸件基本壁厚为5mm，靠模具的自身散热就很快凝固，针对浇口附近较热的特点，每个浇口区域都设置了冷却（图3），在充型完成后，进行通水冷却，具体冷却时间需要在浇注现场进行调整，保证远离浇口到浇口形成先后凝固的顺序，浇口和冒口在最后凝固，从而达到补缩的效果。

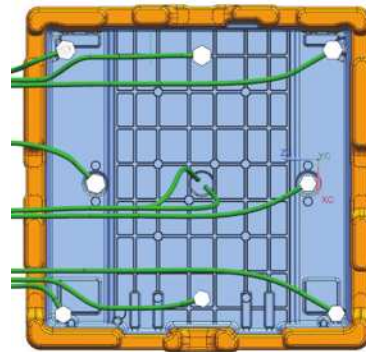


图3 冷却系统

1.5 排气系统

由于低压铸造金属型腔基本是封闭的，既不像砂型具有透气性，也不像一般重力浇注那样通过明冒口等措施进行排气，因此，低压铸造铸型的排气情况直接影响金属液充型过程及铸件质量。低压铸造模具可通过分型面、顶出杆等处的间隙、排气槽和排气塞等排气系统来实现排气^[2]。

排气系统中的排气尺寸设计，应以有利于排气但又不溢料为原则。合理的排气系统能防止铸件出现充不满、表面疏松、强度低等缺陷，提高铸件的质量。在浇注过程中铝液最后的充型区域，如侧面的搭子和上模的冒口区域，均需设置排气。针对低压浇注实际过程中，铝液容易钻进排气塞缝隙，导致在铸件开模时把气塞拉出来的情况，我们进行了数次的尝试和改进，目前的方案是烧结式气塞加激光点焊的措施，效果是挺好的。

1.6 加热系统

此铸件体型大且壁厚薄，在模流分析中，充型的最末端处铝液流动速度不足，原因就是铝液因流动过长，温度已经下降，铝液提前固化而失去流动能力，从而会出现冷隔或浇注不足的现象，上模的冒口也会达不到补缩的作用。

基于这个问题，在不改变产品壁厚和形状的前提下，提高铝液温度和提模温，提升铝液的流动性，从而解决冷隔或浇注不足的现象，但是过高的铝液温度和提模温会产生新的热结或缩松，也会导致产品加工后平面针孔度超标，那就需要合适的铝液温度和适当的模具温度。根据经验，铝液温度控制在720℃左右，模具温度控制在300~350℃。

针对此铸件体型大、壁厚薄且高度高的特点，在模具上模部分，设置了加热系统，火焰方向对着底面和模具侧面，对铸件的底平面和侧面进行加热，结合现场浇注情况，调整加热时间和火焰大小，将上模部分的温度

控制在300~350℃，保证铝液的流动性在合理范围内，使铸件和冒口都能充型满。

二、设计总结

该氢燃料电池电堆壳体的低压铸造模具设计，在铸件工艺选择、浇注系统、冷却系统、排气系统和加热系统等几方面完善设计，使用多浇口的浇注系统，浇注平稳，通过实际生产验证，可以使铸件生产合格率稳定在90%以上。所以，对于薄壁大型且高度高的电堆壳体，应用本文所提的模具设计，可以提高此类型的铸件生产合格率。

三、结束语

氢燃料电池是目前正在研发的和人们息息相关的产业。国家在电动汽车的研发和应用已经比较成熟和先进，

而氢燃料电池汽车的研发还在起步阶段，各省市各单位开展核心组件、基础材料、重要装备的技术攻关，并提升氢燃料电池电堆和发动机系统集成技术、氢燃料电池整车集成与控制技术，是国家在汽车行业进行弯道超车的关键。

总之，国家的经济会持续发展，科技会不断进步，在世界上的竞争力会不断提高，氢能源将成为引领未来的能源产业。

参考文献：

[1]浙江省发改委.《加快培育氢燃料电池汽车产业发展实施方案》，2021.11.24

[2]黄海马，金海威.低压铸造模具的排气系统设计[J].科技致富向导，2011（16）：28-9.