一体化压铸在白车身中的应用浅析

王艳，洪海玻，张宇，封磊
安徽江淮汽车集团股份有限公司技术中心

摘要：提出了一种全新的快速建模方式——以自上而下、快速迭代相结合的建模方法，通过明确数字孪生各阶段的迭代范围、颗粒度以及通过二次开发构造模型骨架具体实现这种建模思想，同时还利用构造模型库及二次开发等方式实现模型的复制，最终实现了数字孪生建模效率和质量的提升，为汽车制造行业构建数字孪生模型提供了一种新的解决方案。

关键词：数字孪生；快速建模；Catia

2023年新能源车突飞猛进，乘联会预计今年国内新能源车销量有望突破850万辆，占比总销量约34%。随着传统汽车的大力入局及新势力的继续加码，在日趋白热化的竞争中，新能源车在各个方面不断创新。

自从汽车批量化生产以来，汽车白车身生产工艺必须经历冲压及焊接两个工艺，白车身往往由400个左右钣金件及200个左右其他螺母、螺栓等小零件组成。而一体化压铸则直接由熔化的金属液灌注、整形和冷却成型。将上中下游的工艺直接变为一个单件的管控，省去了以往在物流、尺寸等方面人力、物力的投入，可以说是对传统工艺的降维打击。本文结合一体化压铸尝试及研究进行相应总结。

技术特点分析

一体化压铸工艺一般是将铝液通过一个或多个浇注口注入到压室内，通过加压快速充满模具型腔，通过压力使其冷却形成铝铸件。该工艺的兴起主要得益于电动化后轻量化材质铝的规模化应用，以及免热处理铝材的商用带来的复杂铸件的精度大幅提升。综合对比传统结构设计其主要优缺点如下。

表1　技术优缺点分析

序号	分类	项目	评价	说明	备注
1	优点	轻量化	质量减少约10%	下车体零件数量减少30%	以本文所尝试车型为例
2		结构设计	结构设计复杂度大幅下降	基本适应各类结构，冲压及焊接工艺约束少	
3		成本	量产成本减少约20%	相抵以往钢铝车身成本减少	以本文所尝试车型为例
4		生产管理	管理效率大幅提升	问题数量及种类减少	
5		新产品迭代	更利于新产品开发	工艺设计简单，铸件共用性强	
6	缺点	技术难度	技术壁垒相对较高	更高端的设备和材料多为国外技术	国产替代持续推进
7		维修	维修成本及难度大	铸件损伤后，需整体更换	

结构部位及分析

1.应用部位选择

综合上述一体化压铸工艺的特点，其在结构复杂、承载力大及共用化高的部位应用更有优势。

由于上车体对于承载力的要求并不突出，造型的变化带来共用性不高，决定暂不应用。而下车体则较为适合，分析下车体承载部分主要分为前车架区域、门槛区域及后车架区域，考虑门槛等截面结构简单及适应轴距长短的变化，优先使用辊压等工艺更加适合。而对于前车架区域及后车架区域，其结构复杂、机械性能要求高且更适合平台化共用。故决定在上述两个部位采用一体化压铸工艺，即在白车身上的发舱和后地板区域。

2.发舱区域

发舱区域最初计划是将纵梁、轮罩及前围全部集成为一个压铸件。如下图所示：

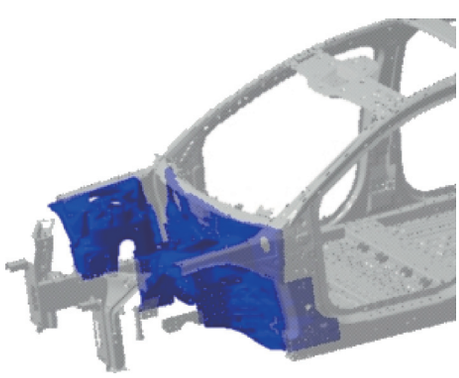

图1　发舱区域最初一体化压铸件方案

但经过详细分析，主要考虑动力总成的多元化，如燃油、纯电及混动的选择，白车身对于舱体内部的空间大概率会有变化。同时前围板区域由于造型的变化也会有一定变化。故综合考虑将方案变更为左右两侧分别开发。基于此前提，综合技术难度及成本考虑，本次车型制定单侧三个铸件的设计方案，如图2所示。

铸件采用SPR、FDS、螺接及结构胶等连接工艺。

3.后地板区域

后地板区域将纵梁、轮包及中部连接板统一设计为一个铸件。并将后车架的安装点均设计在该铸件上，利于安装精度及后期的平台化设计。

铸件同样采用SPR、FDS、螺接及结构胶等连接工艺。

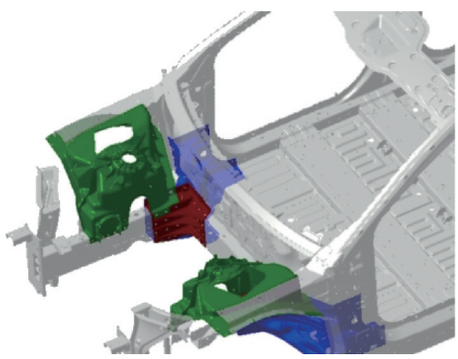

图2　发舱区域最终一体化压铸件方案

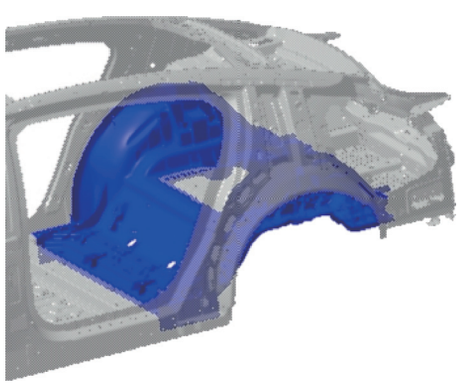

图3　后地板区域一体化压铸件方案

相关工艺参数

1.材质及机械性能

本次铸件产品主体材料暂定选用C611。机械性能要求为屈服强度120Mpa以上，抗拉250Mpa以上，延伸率10%以上。指定的面硬度要求达到70HRB。对于铸件上的螺纹套，就其顶出强度可达到30KN-80KN以上，具体由螺纹尺寸及产品要求所定。

2.表面处理

相比以往冲压板材，铸件表面有一层脱模剂。对于涂胶面需要激光清洗。同时脱模剂的选择需要能够满足涂装工厂的清洗工艺，以满足电泳效果。具体收集部分关键表面参数如下表：

表2　外观表面要求

序号	缺陷类别/描述	检查标准
1	裂纹	肉眼可见不允许
2	冷料	肉眼可见不允许
3	匹配面表面缩陷	深度＜0.2mm(背部无加强筋区域)；
		深度＜0.5mm(背部有加强筋区域)；
		直径＜5mm
4	非匹配面表面缩陷	深度＜2.5mm；
		直径＜6mm
5	匹配面气泡	气泡高度≤0.5mm，直径≤1.0mm可接受；
		气泡高度≤0.5mm，直径1-5mm，最多允许10个；
		气泡返修后表面无孔洞（直径1-5mm允许返修）
6	非匹配面气泡	气泡高度≤1.5mm，直径≤8mm可接受；
		气泡返修后表面无孔洞
7	加工面气孔	2mm*2mm气孔最多允许3个
		0.5mm-1.0mm气孔最多允许6个
		0.5mm以下气孔忽略不计
		蜂窝状气孔不可接受

3.尺寸精度

一体化压铸由于将多个零件集成为一个零件，即将原先的总成公差直接降低为单件公差。同时采用了CNC机加工工艺，对部分高精度尺寸又进行了公差等级的提升。一体化铸件的尺寸公差具体见下表。

表3　尺寸精度参数

序号	类别	部位	要求项目	公差
1	面	机加面	面轮廓度	0.6mm
2		非机加面	面轮廓度	1.6mm
3	孔	定位孔	孔径精度	0到+0.1mm
4		机加工安装孔和功能孔	孔位置度	0.6mm
			孔径精度	0到+0.1mm
5		非机加工安装孔和功能孔	孔位置度	1.0mm
			孔径精度	0到+0.5mm
6		安装过孔	孔位置度	±0.8mm
			孔径精度	0到+0.5mm

结语

一体化压铸工艺具有诸多优点，但其对白车身产品的影响并不限于轻量化、成本、周期等，而是对整个生产工艺的颠覆性变化。作为新兴工艺，各大车企相继推出自己的一体化压铸生产线。据悉一体化压铸下车体，甚至是整个白车身骨架构想已经在某些车企及设备厂家中进行研讨，新的变革已经悄然发生。

最近国家有关部门将新能源汽车行业定义为我国的优势行业，相信在中国速度的加持下，在未来我们会看到更多富有创新性的好产品。AUTO1950

敬请扫码关注　汽车工艺师