

基于汽车外饰零件碳纤维成型工艺研究

张亚平¹ 顾芮玮² 马盼盼²

(1. 诺博汽车系统有限公司内外饰研究院; 2. 河北中兴汽车制造有限公司 河北保定 071000)

摘要:碳纤维具有优异的力学性能、低密度、耐疲劳、耐腐蚀等特殊性能,它广泛应用于航空航天、交通运输、建筑、电子电气、新能源、体育休闲等领域,对国民经济发展和科技进步产生深远影响。目前研究中,基于汽车外饰零件碳纤维成型工艺具有借鉴意义的研究较少,基于此,该文对基于汽车外饰零件碳纤维成型工艺进行探究,具有重要意义。

关键词:汽车外饰零件 碳纤维 成型工艺

中图分类号: U466

文献标识码: A

文章编号: 1671-3567(2021)01-0061-03

碳纤维的强度是钢的八倍,密度是铁的四分之一,因此它的质地很轻。目前,碳纤维较少直接使用,主要是在其他材料的辅助下成为复合材料,碳纤维复合材料在汽车上的应用涉及维修、回收、保险和政策等各个方面。基于汽车外饰零件碳纤维成型工艺的研究,对于碳纤维在汽车领域的创新应用具有重要意义,该文对碳纤维的应用与发展、汽车外饰零件碳纤维成型工艺示例——汽车灯框与挡泥板、汽车轻量化与碳纤维结构件的成型工艺、碳纤维复合材料在汽车外饰零件生产中质量问题的解决四个方面展开探究。

1 碳纤维的应用与发展

自20世纪末以来,碳纤维技术在汽车领域的发展逐渐加快,特别是2010年后,碳纤维科技进入了快速发展阶段,近年来仍保持着强劲的发展势头。碳纤维的生产和需求正逐年快速稳定地增长,特别是碳纤维在工业中的应用即将迎来大幅增长。然而,尽管碳纤维显示出巨大的前景,但其应用仍然受到其高成本和低性能的限制。只有不断降低生产成本,提高碳纤维的力学性能,才能真正扩大和提高碳纤维应用空间。因此,低成本、高性能的碳纤维成为碳纤维研究领域的热点和焦点,世界各地的研究人员和企业都在从事低成本、高性能碳纤维的研发^[1]。

随着成型工艺的发展,成型时间不断缩短,加工成本不断下降,碳纤维材料的成本降低,碳纤维逐渐开始

应用于一些新能源汽车,宝马i3和前途K50是最具代表性的车型之一,作为世界上为数不多的碳纤维批量应用车型之一,BMW i3代表了高端压力树脂转移模塑工艺(HP-RTM),前途K50代表快速预浸料模塑工艺,这种快速预浸料成型工艺在产品一致性方面的优异性,能使其更适合大规模应用。目前,制约碳纤维产品发展的因素是需要更多的基础研究。碳纤维成型工艺、连接工艺、质量控制、相应标准的建立和完善、修复技术和回收技术等都是碳纤维应用中的挑战。

2 汽车外饰零件碳纤维成型工艺示例——汽车灯框与挡泥板

2.1 热塑性碳纤维汽车灯框

碳纤维在汽车灯框方面有很多希望,但它也有很多挑战。其中一个挑战是碳纤维价格昂贵,但近年来,碳纤维实际上已经变得更加便宜。其早期用于航空航天时,价格接近100美元。近年来,随着国内碳纤维的推广和国外碳纤维产能的大幅提高,其价格已接近15美元,因此越来越畅销。除了碳纤维本身的价格比较昂贵外,还有一种传统的热固性碳纤维加工技术也比较昂贵,因为它固化的过程较长,有时需要几十分钟甚至两个小时,这大大限制了碳纤维的推广。热塑性碳纤维可以在不到5 min的时间内制造出结构部件,因此其加工成本大大降低。

整个碳纤维和复合材料行业是一个非常大的行业,近年来热固性树脂的发展尤为迅速。热塑性碳纤

作者简介: 张亚平(1983—),男,本科,工程师,研究方向为汽车内外饰零部件开发与实验规划。

顾芮玮(1984—),女,本科,工程师,研究方向为汽车内外饰零部件开发。

马盼盼(1987—),男,本科,工程师,研究方向为汽车内外饰设计开发。

维的工艺是首先从供应商处购买一大卷碳纤维,每束可能包含 50 000 或 60 000 根光纤。通过预洗机将热塑性树脂添加到碳纤维纱线的表面,并将整个碳纤维纱线包裹起来,预先清洗过的碳纤维丝称为单向胶带,纤维的长度与以前一样,例如:2.5 km 或 5 km,单向带状材料约为 50% 碳纤维,另一半为增强树脂。单向材料中碳纤维的含量很高,但垂直方向的纤维强度几乎为零,可以用手轻轻撕开,没有太多的应用价值,所以我们采取单向每角堆叠,各个方向堆叠内容的强度都很均匀,我们称之为准各向同性材料,堆叠成品称为单向板、有机板,厚度从 0.7~3 mm 不等。其也可以加厚,但加厚通常无法留下太多使用空间。在大多数情况下,它仍保持在 0.7~3 mm 之间,所得材料的总密度为 1.5 g/cm³,其硬度为 100 GPa,抗拉强度约为 700 GPa;铝合金可能只有 300~400 GPa,其密度为 2.7 g/cm³。因此,与铝合金相比,其重量减轻优势非常明显^[2]。

除了整体的高机械强度外,PC 级碳纤维还具有好的表面,这对汽车的外观非常重要,因为如果不能形成 A 级表面,材料只能用作结构或半结构部件。除了良好的外观性能外,这种材料还可以在 5 min 内制成产品,这是传统热固性碳纤维所没有的优点。这也是碳纤维材料能够广泛应用于汽车灯框的重要原因之一。除 PC 外,还有许多其他热塑性塑料,尼龙和 PP,它们在其他行业有很多应用,但在汽车灯框中,它们都不是很好。因为尼龙的加工窗口很窄,加工工艺要求很高,此外,尼龙吸水性很强,如果长期使用,吸水性会导致其变形。PC 的表面处理几乎不需要太多和表面处理,而且漆膜附着力非常好,加工窗口也很宽,加工后没有太多的变形自由度,这对生产非常重要。

2.2 碳纤维挡泥板

由麦格纳和福特开发的碳纤维挡泥板,该技术用于减轻车辆重量,减少排放,提高燃油效率。碳纤维复合材料重量比传统冲压钢挡泥板轻 34%,碳纤维复合材料挡泥板总成由两个模压零件和四个金属零件组成,模压成型的碳纤维部件由专用结构胶和外部结构连接螺母连接。碳纤维挡泥板是麦格纳和福特为潜在车辆底盘开发轻质技术项目的一部分,挡泥板是汽车底盘结构中的关键部件,它的典型功能是为发动机和轮胎提供安装位置,为车辆提供一定的刚度,并在发生碰撞时提供缓冲。麦格纳的工程研发团队将他们在车辆设计、材料和工艺方面的独特经验结合起来,应对使

用碳纤维复合材料的轻型车辆设计的挑战^[3]。

3 汽车轻量化与碳纤维结构件的成型工艺

近年来,碳纤维成型工艺在汽车轻量化领域受到广泛关注,碳纤维已应用于汽车外饰零件制造的许多部分。目前,在车辆轻量化领域中应用碳纤维化合物的主要过程包括:初始过滤过程、RTM 过程、滑动过程和塑料结构等等。过滤前工艺主要用于发动机外壳、箱盖、顶盖等,目前,SMC 工艺可用于准备组织结构,包括发动机盖板、门板和侧面、提升门/容器盖内部、容器底板等;形成 RTM 的过程短,其芯片的高活性纤维表面良好,尺寸和精度也较优异,能够在 120 s 内快速形成树脂,从而大大缩短了加工时间,RTM 的主要制造过程包括将其包裹在后座、车壁、顶盖、底座等位置,也能够用于门框/底部框架、间板支撑、电机带和背包内部板、座椅结构、各种内部结构、防震结构等之中。

汽车轻量化是一项系统性工作,需要在材料、结构设计和工艺方面进行一系列考虑。1898 年初,世界上第一个发布世界级汽车轻量化广告的一个重要的销售点,便体现在汽车的经济性以及性能控制的卓越加速功能中。到目前为止,轻型量化指标已成为开发新型和改进型汽车的一个非常重要的目标。由于排放法规越来越严格和新能源汽车的快速增长,中国制造商关于汽车轻量化的问题研究逐渐增多。然而,国内外的轻量化水平上仍然存在一些差距,特别是在设计、工艺和材料领域,以及在主要工厂生产链的封闭环节上。行驶里程与车辆重量密切相关,这也意味着新能源汽车必须在定量研究和应用方面投入足够的资源。目前,新能源汽车发展非常迅速,其行业也正在努力进行轻量化研究。使用新能源汽车的轻量化变化主要包括对材料(如铝合金、碳纤维和其他轻量化材料)的设计和改造,这不可避免地导致汽车行业的研发重点转向工艺调整,这也是一个从设计、材料和工艺之间的平衡转向轻量化的进步过程。

目前,铝合金和碳纤维等轻型合金材料在我国汽车外饰制造工业中被广泛使用,但它们也面临着许多挑战。轻材料的应用给产品设计和制造带来了许多问题和挑战。传统的技术方法存在一定局限性,这也是带来问题的主要原因,例如如何采用创新的技术程序来实现轻型化,并最大限度地利用可用资源。工程师们一直在关注各种材料和产品设计,在选择技术道路时,不仅成本决定了产品的工程能力,轻量化也成为整车最基本的竞争力之一。基于这一点,加强汽车外饰

零件碳纤维成型工艺的研究与设计,至关重要。

碳纤维是一种低密度的材料,不同种类的碳纤维均可以在汽车轻量化中发挥重要作用。碳纤维材料本身价格昂贵,工程成本相对较高,与传统材质相比,其生产时间较慢,最初仅用于一些高性能跑车的生产中。由于碳纤维的独特质量,后来也逐渐被用于外部装饰。随着碳纤维技术研究的进展,汽车的使用逐渐扩大,其创新产品不断增加,碳纤维成型工艺逐渐应用于新能源汽车之中。碳纤维组件成本主要包括材料成本、运营成本、劳动力成本和后处理成本。在过去几年中,在生产和需求的推动下,碳纤维材料的成本也大幅下降,这主要是由于产品设计和成型过程的持续进步。降低碳纤维产品成本需要新的技术创新,解决碳纤维固有的问题,如表面质量、尺寸稳定性和效率,这应通过产品设计和工艺优化来解决。

汽车轻量化与碳纤维结构件的成型工艺研究对于我们更好的将碳纤维工艺应用于汽车外饰零件生产之中,具有里程碑性的意义,其二者具有相辅相成的重要关系。汽车外饰零件生产不同于内饰和基础架构,其对生产材质的密度、性能要求更高,这也是我们务必要提前了解汽车轻量化的重要原因。新能源汽车作为我国汽车未来发展方向,其外饰零件生产更应关注碳纤维成型工艺的应用,在生产各个环节给予充分重视,解决碳纤维工艺的固有问题,应用其优势,生产出更加符合现代标准的汽车外饰,这应是新能源汽车生产商和设计人员深思的一点和未来努力方向。汽车轻量化也应成为碳纤维工艺应用过程中的重要评判标准。未来,我们应继续深入探究轻量化过程中的细节问题,基于此不断完善和优化碳纤维成型工艺技术,生产出更加优质的汽车配件,为汽车生产行业及其衍生产品生产领域的高质量发展奠定重要基础。

4 碳纤维复合材料在汽车外饰零件生产中质量问题的解决

随着复合材料技术的不断进步,碳纤维复合材料已应用于汽车车身、底盘、内外装饰、动力系统等多个部位。目前,无论是汽车高端性能还是售后改装市场,均使用高压釜工艺较多。如果产品表面简单,裸碳纤维纹理不高,则可以采用成型工艺。对于只有十几套样品的情况,则可以使用真空分流工艺。上述三种工艺仅适用于小批量生产。对于批量生产,生产周期是其瓶颈。对于一些造型表面复杂、外观质量要求高的汽车零部件(如尾翼、前缘、后扰流板等),高压釜技术

在24小时内最多只能生产3套。为了提高生产能力,可以采用一种新的碳纤维模内固化成型工艺,与相同产品条件下的高压灭菌工艺相比,该工艺的平均日生产能力可提高一倍以上。

除制造工艺外,碳纤维复合材料在汽车外饰零件生产中的还存在一些质量问题,如发黄和缩孔。

首先是发黄问题,碳纤维本身不会出现泛黄和缩孔,但为了提高后续部件的性能,将碳纤维编织成碳布,需要涂上树脂或预浸料树脂,目前常用的树脂是环氧树脂,它具有自身的固化材料泛黄的化学性能。固化环氧树脂泛黄的主要方式有光氧化、热氧化、水解、沉淀、不完全固化等。固化过程中的添加剂沉淀通过光降解和热降解产生泛黄,在这种情况下,环氧基中的苯醚键、环氧基的 β -碳键和分子骨架中的苯环很容易氧化为羰基和不饱和烯烃键,这两种化学键很容易被进一步氧化和着色,并产生泛黄。环氧树脂中羰基的氧化是黄变的主要原因,且这种黄变是不可逆的。为了克服泛黄问题,我们应通过对成型后的汽车外饰成品进行处理,即过改进涂层的涂料配方来解决问题。

其次是缩孔问题,由于在外饰中使用斜纹预浸材料,树脂在成型后没有完全填充编织布的晶格间隙,产品在成型后直接喷砂抛光,然后进行表面喷漆。由于环氧树脂的特性和环境温度的影响,高温固化成型后,经过一段时间,固化物的分子链也会相对移动。因此,随着时间和温度的变化,最终编织布的晶格间隙会慢慢显露出来。为了克服这个问题,固化后,应将产品存放在 80° 以上的温度箱中,以便产品有足够的时间固化,随后经过喷砂等后续工作,收缩问题可以解决。

5 结语

目前,碳纤维应用主要分布在运动休闲、工业应用、航空航天等领域,基本上都是小批量、高成本、定制化的产品。未来,碳纤维将不可避免地向规模化、低成本、高性能和自动化方向发展。因此,基于汽车外饰零件碳纤维成型工艺的发展也应继续保持强劲势头,不断创新与优化。

参考文献

- [1] 刘强.基于汽车外饰零件碳纤维成型工艺研究[J].汽车维修,2021(3):4-8.
- [2] 刘宾宾.碳纤维汽车零部件快速模压成型工艺及其结构与性能研究[J].合成纤维工业,2020,43(4):7-10.
- [3] 杜宇.碳纤维复合材料汽车内板及防撞梁成型工艺及性能研究[D].上海:东华大学,2019.