

轨道交通车辆车体结构材料轻量化产业发展及展望

卢海超

(中车唐山机车车辆有限公司 河北 唐山 064000)

[摘要]新型轻量化材料的出现与应用,充分证明了其在质量和能源等方面可实现更多的节约,带来新兴经济效益增长点。因此,新型轻量化材料在轨道交通车辆上的运用不但满足可持续发展的需求,而且也是未来技术发展的必然趋势。

[关键词]轨道交通;车辆车体;结构材料;轻量化;产业

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2019.12.590

1 城市轨道交通车辆轻量化车体结构材料的应用

1.1 铝合金的应用

铝合金的密度在 2.7g/cm^3 左右,约为钢铁材料的 $1/3$ 。由于铝合金具有密度小、质轻强度高以及优异的耐腐蚀性等特点,越来越多地被应用于车身部件。 $5xxx$ 系和 $6xxx$ 系铝合金由于具有高强度、优异的耐腐蚀性能,是实现汽车轻量化的理想材料之一,被越来越广泛地应用于车身和覆盖件。其中, $5xxx$ 系铝合金的抗拉强度大于 270MPa , $6xxx$ 系铝合金的抗拉强度则大于 310MPa ,完全可以替代车身的某些强度要求较低的钢制外覆盖件。铝合金车体结构大多选用 Al-Mg-Si 系和 Al-Zn-Mg 系铝合金。日本研究人员分别对 A6N01 和 A7N01 两种铝合金材料进行铸造处理、固溶处理、固溶处理+时效处理及添加纳米组织控制处理。对比发现,相比其他处理工艺,纳米组织控制铝合金材料的 0.2% 屈服强度及最大拉伸强度均有所增加,且比日本工业标准中的下限值提高了 $1.5-1.8$ 倍。此外,研究人员对一般铝合金的薄板和纳米组织铝合金材料进行了搅拌摩擦焊试验。试验发现,一般材料的薄板在焊缝区域存在接合缺陷,而对通过纳米组织控制析出物的薄板进行焊接,其焊接区域能够消除缺陷,实现良好的接合。

1.2 镁合金的应用

镁合金是工程应用中密度最小的结构金属材料其密度为 $1.74 \times 10^3 - 1.90 \times 10^3 \text{kg/m}^3$,仅为铝合金的 $2/3$;镁合金的强度、塑性和韧性等指标与铝合金相当;镁合金具有优异的机械加工性能和铸造性能,切削阻力小,可实现高速切削加工,加工后产品的尺寸精度较高、表面粗糙度较低;镁及镁合金为密排六方晶体结构,变形时位错变形能大,吸收振动能量的能力强,减振降噪性能良好;此外,镁合金还具有优异的导热性能和电磁屏蔽性能,可用于电磁干扰要求严格的部件。但是,镁合金存在易燃、耐腐蚀性差等缺陷。为了提高其阻燃性,可将镁合金中钙的成分增加 1% ;为了易于制造和提高强度,将镁合金中锌和铝的成分分别增加 1% 和 6% ,这样得到的阻燃镁合金的强度不低于铝-镁-硅系铝合金的强度。镁合金的耐腐蚀性与纯净度有密切的关系,除铍和钙等少数有益的杂质外,其他大多数杂质都会降低镁合金的耐腐蚀性能。

1.3 碳纤维复合材料的应用

纤维增强复合材料由于其优异的力学性能成为车辆新材料领域的热点和亮点。低成本碳纤维增强树脂基复合材料和天然纤维增强树脂基复合材料将是未来推动产业升级换代和变革的重要材料。以纤维增强复合材料制造的车窗、车门、车轮、骨架乃至全塑汽车已逐步出现,成为车辆材料“以塑代钢”的重要推手。由于碳纤维具有优异的力学性能,很好的耐热性,较好的导电性和电磁屏蔽性能等,因此在许多高新技术领域及民用领域得到广泛应用。车体结构是轨道机车重要的承载部件,其重量在整车中所占的比例较大,一般在 $15\%-30\%$,因此要实现车辆的减重提速,就必须重点考虑车体结构的轻量化。目前铝合金仍然是车体轻量化的主要材料,随着车辆轻量化要求越

来越高,复合材料尤其是碳纤维复合材料已成为下一步的重点研发方向。目前,日本、法国、瑞士、韩国等国家都进行了复合材料车体的研制,其中韩国研发的车体相对比较成功国内复合材料车体的研究比国外起步晚,前期主要集中于次承载结构如车头罩、设备舱等的研究,但近几年进步较快,中车青岛四方机车车辆股份有限公司(以下简称“四方股份”)和中车长春轨道客车股份有限公司都相继研发了碳纤维地铁车体。四方股份于2018年9月在德国柏林国际轨道交通技术展上正式发布了新一代碳纤维地铁车辆“CETROVO”。CETROVO的车体、转向架构架、司机室、设备舱等均使用碳纤维复合材质制造,是迄今为止在轨道机车上大规模应用碳纤维复合材料的典范。目前,CETROVO已完成线路试验和运行示范,顺利通过验收。

2 轨道交通车辆车体轻量化展望

如今我国在轨道交通车辆车体结构材料研究领域已经有了非常大的进展,轨道车辆车体材料研究时,我们要坚持以绿色安全为主。保证车辆的舒适性以及车辆材料的环保性,这是我们最基本的原则,要更好地利用科技,探索出更加优秀的材料,让轨道车辆材料向着高性能,轻量化以及技术成熟的方向发展创新。

我国想要轨道车辆材料发展得更加优秀,就需要提前做好一个非常优秀的规划,我们要一步一步的按照之前规划好的计划进行,想要用一种材料去代替现有的材料,我们就需要对新的材料进行一系列的严格的检测以及认真的实验,然后对于车辆和材料进行融合性的深入研究,同时要根据检测出来的结果进行概念上的设计,接下来我们就需要对于最重要的部件进行精密的制作,同时也要进行详细的分析和仿真测试,为最后全面进行实验验证提供理论依据。

而且未来的车辆主要的发展有以下四个方面,主要是材料发展方向,数据平台发展方向,知识体系发展方向,以及制造工艺发展方向。只有让这些发展方向更好地融合在一起,我们才能研制出更好的车辆材料,有一个很好的数据平台进行知识储备,这样有更高的制造工艺,才能使我国轨道交通车辆车体结构轻量化发展得越来越好,而且可以对轨道交通车辆车体结构材料轻量化研究带来一定的方向性,这样才能使我国的交通轨道事业蒸蒸日上,同时使轨道交通车辆材料轻量化发展迅速走向世界、走向国际。

结束语

近年来,我国的轨道交通事业发展得非常迅速,从第一条铁路完工,至现在的铁路网遍布全球,这些都可以见证我国轨道交通事业发展的迅速,自从2004年我国引进高铁技术之后,我国的轨道事业发生了新的变化,有了新的方向,同时也更加快速地促进了我国轨道交通事业的迅速发展。

参考文献

[1]张丽娇.试析轨道交通车辆车体结构材料轻量化产业发展及展望[J].中车工业研究院有限公司,2019,08.