

# 汽车轻量化焊接技术发展现状探究

朱杰辉

江铃汽车股份有限公司 江西南昌 330000

**摘要:** 社会经济和科技进步提高了人们的生活水平,增加了汽车的使用,为人们的日常出行提供了一定的舒适度。但由于国内能源供应持续短缺,汽车需求不断增加,汽车工业的发展面临着新的挑战。现阶段,汽车工业将满足我国生态环保战略目标,并满足人们对汽车轻量化的需求,不断提高汽车的整体质量,严格控制汽车生产成本,采用合理的新焊接技术,有效改善车辆裂缝,努力确定汽车轻量化增长的未来方向。

**关键词:** 汽车轻量化;焊接技术;发展现状;探究

## 前言:

自2015年起,中国汽车工业创新发展联合基金会中国汽车工业协会联合国内8家汽车公司(分别是中国汽车第一汽车有限公司、东风汽车有限公司、上海汽车有限公司、重庆长安汽车有限公司、广州汽车集团有限公司、华晨汽车有限公司、江淮汽车有限公司、安徽汽车有限公司、中国重汽集团有限公司)。目标是发挥国家自然科学基金会的领导和协调作用,促进研发管理的整合,吸引和调动社会的科技资源,在我国汽车产业发展的背景下开展相关领域的基础研究,促进产业的可持续发展,增强自主创新能力。该方案作为三大轻量化资助领域之一,协助实施了20多个优先支持项目,其中轻合金与钢之间的“异质材料”是一个重要的工作重点。因此,开发新的轻焊接材料是很重要的。

## 1 汽车轻量化材料

汽车工业的发展也加大了大型汽车制造商的竞争压力。为了提高汽车制造商在汽车研发过程中的核心竞争力,建立了降低汽车质量、节约能源的宣传中心。为了发展汽车制造,我们需要集中精力减少废气排放,使汽车轻量化,提高汽车的效率。

据统计,油耗主要取决于总重量。事实上,节约能源可以通过减少总重量来实现。当车辆重量减少1公斤时,每升汽油节省的燃料可行驶超过0.01公里。如果一辆汽车行驶超过1km以上,每公里可节省0.7升汽油。二氧化碳污染是通过节约燃料和减少废气排放来实现的。将车身重量降低到约50%,二氧化碳排放量增加了约13%。氮化物、硫化物和其他气体的排放量也有所减少,这对环境保护具有重要意义,降低车身总重量也能有效提高车辆的安全性和质量。据美国铝业协会统计,在车身重量减少约25%的情况下,车的加速速度可达96.56公

里/小时,比之前的时间缩短了4 S。同时可以通过减轻车辆重量来减轻传动系统的负荷,保证车辆具有较小的牵引力。

## 2 我国汽车轻量化技术现状

经过多年发展,我国自主品牌乘用车在轻量化设计、材料和工艺的应用方面都取得了长足的进步,缩小了与合资品牌的差距。政府、社会、企业和用户对汽车轻量化的认识也在不断加深。在《中国制造2025》等一些列文件中,都已将支持轻量化材料的发展和應用列入其中,并在国家“十三五”重点研发计划中做出了相应的安排。但是,由于我们起步较晚,基础较弱,跟国外发达国家的差距仍然不可忽视,汽车产品的轻量化水平仍有较大提升空间,汽车轻量化技术发展环境也需要进一步改善,主要表现在:

2.1 对轻量化的认识深度。现在,经常用车辆的整备质量或某种材料的用量来衡量一个车型的轻量化水平,因此忽略了针对不同市场或不同消费群体车辆的用材策略对产品市场竞争力的影响。

2.2 技术的系统性。汽车轻量化技术包括产品策划环节的轻量化目标确定和质量分配相关技术、产品开发技术(包括整车和零件、设计和评价)、生产技术(包括材料制备、成形工艺和装备)、维修技术、回收再利用技术等。我国在这些技术领域的研究工作不具有系统性,无法对轻量化水平提升带来有效帮助。

2.3 决策支撑体系。随着技术的进步,许多零件有个更多的用材选择,如高强度钢、铝合金、镁合金、复合材料等,在确定用材的基本种类之后,又有了更多的成形工艺选择,如高强度钢的热成形、温成形和冷成形。由于缺乏相关的技术经济性分析数据作支撑,面对诸多轻量化技术方案和可能导致的生产供应链体系的变化,

企业往往难以定夺。

2.4 成果产业化方式。国内一些高校、材料企业和汽车企业合作,开展了以零件材料替换为目标的轻量化工作,虽然取得了一定成果,但忽略了部分零件重量减轻对整车性能的影响,以及整车开发系统集成能力对先进轻量化技术应用的影响,导致科技成果对减重的贡献有限,甚至出现整车性能的劣化,影响了企业采用新技术的信心。

### 3 压铸铝合金在汽车轻量化的应用

#### 3.1 应用的发展

汽车的重量在燃料消耗中起着重要作用。据介绍,在减轻车辆重量时,每100公斤的总油耗可减少0.7升。铝合金有稳定的强度,耐腐蚀性。如果用铝混合物代替金属,混合物的严重程度可以降低50%。因此,铝混合物是汽车最好的轻量化材质。直到20世纪初,汽车工业史上的金属零件才开始被铝混合物所取代。美国的福特和意大利的法拉利使用铝制混合体。在20世纪40年代,领先的意大利汽车制造商菲亚特用铝混合物设计了气缸盖,并将其应用于某些类型的汽车。20世纪50年代,德国公司改进低压铸造技术,制造精密铝合金,开始批量生产发动机罩、气缸盖等铝合金。1960年以后,随着压铸技术的发展,铝合金在压铸汽车中的应用有了很大的提高。铝合金铸件取代铸铁,其使用量逐年增加,铝合金铸件广泛应用于现代汽车工业。自21世纪初以来,铝合金车身在世界汽车工业中得到了广泛的应用。据统计,铝铸件总产量每年增长6%以上,汽车占铝铸件总产能的60-70%。目前,铝合金汽车数量最多的国家是美国、日本和德国。据统计,21世纪初,单台机熔炼铝合金的铸造量只有90公斤,2010年底为130公斤,2015年为160公斤,2020年超过200公斤。2010年,我国汽车工业用65公斤铝合金进行压铸,此后每年保持10%以上的稳定增长,2015年达到105公斤,2020年达到160公斤。与欧美发达国家相比,中国汽车铝合金铸件的使用量差距在不断缩小。

#### 3.2 典型应用

铝合金压铸汽车数量逐年增加,应用范围不断扩大。目前国内外铝合金压铸件在汽车行业的应用领域按运行功能分类,主要用于结构、动力部分、安全件、装饰件等。按汽车组分类使用:(1)气缸盖、动力系统缸体、曲轴箱、缸体盖、钻孔、活塞、泵体、泵盖、进气管、各种发动机支架等。(2)换挡拨叉、离合器壳体、变速器油路板。(3)转向系统的链条盖、蜗轮壳体和齿条壳体。

(4) 支架与横梁。(5) 车轮、结构和装饰。(6) 其他减震器下盖、压缩机支架、离合器踏板、制动踏板等。

### 4 铝合金汽车轻量化焊接技术

#### 4.1 铝合金激光焊接技术

与以前的焊接工艺相比,激光焊接具有较低的焊接量,更快的焊接速度和更低的热缺陷的好处,这降低了车辆的质量。随着激光加工工具的不断改进和发展,铝合金对激光焊接技术的快速发展感到满意。它可以完全取代电阻焊接,特别是当焊丝长度为20~30m时。激光焊接的好处如下:

(1) 焊接成本低。激光焊接施工条件低,不需要真空和电极环境。焊接前无需严格清洗,降低焊接成本和时间。(2) 优质连接。激光焊接技术的应用提供了105.19w的功率。它具有热输入低、热影响面积小、熔深大的优点,而且焊缝小,冷却速度快,焊接表面质量高。(3) 广泛应用。激光焊接是一种非接触技术,焊接不受电磁效应的影响密封件可以在内部焊接,无需去除。机器手和计算机的结合可以实现适当的焊接控制和自动化。

#### 4.2 搅拌摩擦焊接技术

使用搅拌摩擦焊接工艺时,不会有大量的烟雾,红外线,紫外线等。由于混合过程温度较低,在焊接过程中不会形成。焊后应力明显低于熔化时的应力。而且热塑性塑料没有变形问题。因此,与其他焊接技术相比,摩擦焊接技术在不改变各种设备焊接的情况下得到了广泛应用。此外,摩擦焊接不限于工件类型,可以选择不同的连接方式。摩擦焊接不消耗焊丝等材料,焊接成本相对较低。用传统方法焊接铝合金时,必须去除铝合金表面的氧化膜。而此技术只要简单去除焊接表面的油污,降低能耗的同时实现汽车轻量化。

#### 4.3 激光-电弧复合焊技术

激光弧复合焊接技术的好处通常包括以下特点,1) 良好的焊接应用。激光弧复合技术将激光和电弧的优势,广阔的加热区域和高能量密度相结合。2) 结果更稳定。如果速度过高,阳极点不稳,电弧是滑动的,但激光的存在为阳极点对应的电弧提供了有利条件。激光与电弧的结合高速焊接也会相对稳定。3) 热利用率高。由于激光束焊接领域出现的等离子体电弧的影响被稀释,等离子体对激光辐射和能量吸收的影响减小。电弧形成的铝合金表面在一定程度上促进了激光能量的吸收,提高了激光的利用率。

#### 4.4 超声波金属焊接

超声波金属焊接是将机械振动能量与同一金属或另

一金属的超声波频率连接起来的一种特殊方法。在静压、超声波能量的作用下,被加工零件的振动变形不能转化为最终热源。连接器之间的冶金连接是通过焊接非熔融固体来实现的。这种方法可以有效地克服多种电阻焊现象,如飞溅等,用于铜的多点焊接。广泛用于晶体管、保险丝板、组合键、锂电极片和标签的连接。在压力下,两个金属摩擦表面在分子层之间形成熔合。超声波金属焊接具有超声熔化速度快、无火花等优点。缺点是焊接的金属零件太厚(通常小于5mm),焊缝太大,需要压力。

## 5 汽车轻量化焊接技术发展的未来展望

### 5.1 铝-钢结构的连接技术难题

用铝制钢结构取代传统钢结构现在是轻质标签的重点研究方向,比镁混合物和复合材料具有更广泛的服务范围。铝钢结构的器具应与铝和钢的安全组合紧密结合。而焊接是汽车行业中最常见的组合技术。铝和钢之间的热物理和化学性质存在显著差异。金属在熔化前比铝高约 $850^{\circ}\text{C}$ 。因此,在焊接过程中,铝在钢结构加工后熔化,一旦铝熔化到钢中,两者之间的密度差别很大,焊接成分变得不规则。此外,铝和铝合金的线膨胀系数和导热系数是钢的2-3倍。因此,焊缝上形成了较大的热负荷,焊接接头变形,断裂倾向主要增加在焊接过程中,铝和钢形成了一系列铁铝化合物。随着焊接温度的升高,IMC层厚度增加。而影响铝钢焊接接头力学性能的主要因素是界面IMC含量,通常IMC厚度超过 $10\mu\text{m}$ ,连接可靠性降低。在铝钢焊接时,控制热量输入,IMC厚度为 $1.5\sim 4\mu\text{m}$ 。当界面厚度不同时,IMC接头获得最大抗剪强度。目前,为了确保等效数量的IMC层完全由金属和铝原子分布,IMC的接头相对安全,可以解决各种铝金属材料中可靠性最高的问题。此外,还寻求适用于铝金属接头的先进焊接技术。焊接热输入和IMC厚度控制是重要的车辆轻量化器具。

### 5.2 冷金属过渡焊接

冷金属过渡技术(CMT)是Fronis在2004年销售的无飞溅物的一种新的焊接技术。通过焊丝的数字传输成为现实,在焊接过程中,一旦发生电弧,导线开始形成,它开始减焊接电流直到电弧消失,它再次增加电,它开始使用数字控制在焊接过程中冷却和传递热量。比以前的焊接技术减少30%。因此,它适用于焊接铝和钢板。CMT焊接试验采用2mm 6061铝合金和0.7mm低碳钢焊缝,取得了良好外观。为了进一步提高铝钢连接件的可靠性,广泛采用焊接前镀层技术,将金属(如锌、

镍、铜)就像一个过渡。金属板的顶盖具有 $40\sim 120\text{g}/\text{m}^2$ 的过渡层。锌层期间锌层的存在增加了金属地板的层。一旦锌部分蒸发,金属板上就会形成液态膜,这可以改善金属地板上的铝沉积,并加速铝的混合物和焊接的扩散速度。但蒸发的锌不能很快脱离焊接区,影响电弧的稳定性,也发生焊接缺陷。结果表明,镀镍可以减少CMT铝铁接头的厚度,而富镍Al3Ni系列可以减少接头断裂。接头的最大合力为147.9 MPa,比无镀镍接头高19%。在CMT焊接中,测量参数的机械性能很重要。根据计算和正交试验,焊丝的组合是一种重要的因素,对焊接有影响。专家在各种焊丝上测试了镀锌铝钢的CMT焊接,并研究了焊丝成分对边界层IMC厚度的影响。如果用高硅导体(如AL-3 Si-1MN)代替高镁焊丝,那么IMC层的厚度将大大减小。这样做是因为硅减少铝硅在IMC中的扩散,抑制IMC的生产,有效控制IMC层的厚度,达到高水平的焊接强度。CMT焊接技术是一种新型的数字化焊接技术,是改善熔滴过渡、降低工作导热系数的有效手段。在焊接过程中,铝与钢板的连接是一种有效的手段。涂层和焊接工艺对CMT焊接工艺有很大影响,对于阐明电焊的作用机理,优化焊接工艺参数,促进轻量化汽车的发展。

总而言之,随着社会经济的进步和科学技术的发展,人们的生活水平不断提高,汽车成为重要的交通工具。然而,由于中国能源短缺,汽车生产在实现环保战略目标方面面临着新的挑战。因此,合理使用铝合金等材料是轻量化汽车发展的必要条件。通过有效地使用新的焊接技术,可以最大限度地降低能耗,为车辆的轻量化提供一定的技术保证。

### 参考文献:

- [1]开赛尔江·艾尔肯.汽车焊接技术运用中的缺陷与预防探究[J].内燃机与配件,2021(13):103-104. DOI:10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2021.13.050.
- [2]段东磊.激光焊接技术在汽车制造中的应用现状及发展趋势[J].世界制造技术与装备市场,2019(05):38-44.
- [3]蔡彧.汽车工业的焊接技术现状及发展趋势[J].时代汽车,2019(04):149-150.
- [4]刘国承,田杰平,史玉升,张思思.汽车用钢焊接技术研究进展[J].激光与光电子学进展,2015,52(01):34-40.
- [5]许瑞麟,朱品朝,于成哉,熊万里.汽车车身焊接技术现状及发展趋势[J].电焊机,2010,40(05):1-18.