

铝合金弧焊工艺 在轻量化车身上的应用

□ 北汽新能源常州基地/刘达工

□ 法国沙福上海代表处/吴江峰

本文主要从铝合金的特性、主要连接工艺、MIG焊的应用及问题分析，提供轻量化设计的一些建议。



铝合金特点

纯铝的密度小 ($\rho=2.7\text{g/cm}^3$)，大约是铁的 $1/3$ ，熔点低 (660°C)，塑性好，但强度较低。铝合金密度低，但强度比较高，接近或超过优质钢，塑性好，可加工成各种型材，具有优良的导电性、导热性、抗蚀性和无磁性等特点，因而被广泛地应用于各种焊接结构产品中，采用铝合金代替钢板材料焊接，结构质量可减轻50%以上。但铝合金焊接有以下几大难点：

(1) 易氧化。在常温下，铝表面很快就会形成一道致密的 Al_2O_3 薄膜，虽然这层氧化铝薄膜能防止金属的继续氧化，对自然防腐有利，但它给焊接带来了困难。氧化铝的熔点约为 2054°C ，远远超过了铝的熔点 660°C ，在焊接时，会阻碍金属之间的熔合，易形成夹渣，而且氧化铝薄膜还吸附了较多

的水份，焊接时还会导致焊缝气孔等质量缺陷。

(2) 导热系数和比热容大。铝的导热系数约为钢的四倍，因此为得到高质量的焊接接头，必需采用能量集中，功率大的热源。

(3) 焊接易形成气孔，主要是氢气孔。

(4) 铝合金焊接易产生热裂纹。

(5) 线膨胀系数大，易产生焊接变形。

(6) 易形成烧穿和塌陷等缺陷。

铝合金车身主要的连接工艺

(1) 铝电阻焊。相比碳钢，铝合金电阻点焊需要采用大电流、短时间、多脉冲及很大的电极压力，所以铝点焊对焊机、变压器及

焊枪的要求很高；同时，大电流易产生强磁场，对工装防磁、防信号干扰等提出更高要求。目前，采用铝合金点焊的主要是外资品牌高端车型，如特斯拉、通用凯迪拉克CT6等。

(2) SPR自冲铆接。通过液压缸或伺服电动机提供动力将铆钉直接压入待铆接板材，待铆接板材在铆钉的压力作用下和铆钉发生塑性变形，成型后充盈于铆模之中，从而形成稳定连接的一种全新的板材冷连接技术。它最主要的优点是可实现不同板材、不同厚度的连接，连接强度高。但在设备选型、生产线共线规划时，对板材的结构、组合设计时形式提出很高的要求。目前大规模应用的如路虎、凯迪拉克、奥迪等高端车型。

(3) FDS热融自攻丝铆接系统。它是通过螺钉的高速旋转软化

待连接板材，并在巨大的轴向压力作用下挤压并旋入待连接板材，最终在板材与螺钉之间形成螺纹联接，而中心孔处的母材则被挤出并下下层板的底部形成一个环状套管。

(4) 铝合金弧焊。利用大功率焊接电源破坏氧化膜，脉冲。目前对于铝合金弧焊比较成熟的技术是SAF-FRO, Fronius CMT等先进工艺焊机的脉冲技术。

铝合金弧焊工艺应用及问题

新能源汽车发展迅猛，提高电池续航能力，减小车身质量是各大企业研究的重点方向。作为自主品牌中新能源汽车的领导者，北汽新能源、奇瑞新能源等率先在铝合金轻量化车身的设计和制造上进行了研究，相继推出了全铝合金车身产品。其车身材料主要采用的是铝合金挤压型材、冲压件及铸件等材料，连接工艺以MIG焊为主，SPR、TIG焊为辅。这种车身结构像搭脚手架一样，一个个零件进行累计，持续的热输入，导致尺寸的控制非常难，同时焊接质量也很难控制，这就需要对母材、设备的参数调节、焊接接头设计、尺寸链的设计、工装设计等方面进行全面的研究。

1. 母材

常型材、钣金件材料主要是5系、6系的。搭接板材厚度比要控制在1.5，否则对焊缝强度影响很大。对于铸件与型材或钣金件的连接，由于铸件容易产生气孔，导致焊接不良，不建议采用弧焊。即使

是使用进口材料或者真空压铸工艺等，焊接质量仍不容易控制，制造的成本也非常的高。对于1mm以下的钣金焊接，容易发生焊穿等缺陷，同时反面会形成鼓包，这在车身设计和工装设计时要引起注意。

2. 设备及参数的选择

机器人自动焊系统目前主要选择的是大功率焊接电源加推拉丝焊枪，如DIGI WAVE SAF-500，系统自带追踪功能SWAN软件，有效的管理并实时跟踪焊接的电流、电压、送丝速度、电动机电流以及热输入等焊接参数，在制造过程中极大的有利于焊接工艺指导书（WPS）的完善，并符合WPS的要求，满足了北汽在焊接生产过程中的管理信息化要求。

手工焊主要选择了SAF-FRO的DIGI PLUS420。

(1) 在生产制造过程中，通过SAF-FRO的冷双脉冲功能选择，在铝车身焊接过程中，由于热电弧与冷电弧的交替，在某些不规则的焊缝上面，很好地控制了热输入，熔池的控制也非常良好。

(2) 铝合金焊接过程中存在的起弧和收弧困难的问题。SAF-FRO的热起弧功能以及数字化收弧，填弧坑的功能选择，在起弧过程中使得焊缝的熔深一致性好，起弧成功率100%，起弧过程电弧稳定；收弧时候焊缝填充饱满，焊丝削球更为理想。

3. 焊缝接头、结构设计

车身大面积采用型材进行连接，接头的形式主要是角接和搭接，会形成很多的短焊缝，导致有效焊缝长度很短，这要求设计在前

期进行强度等实验时要充分论证，最好焊缝有效长度要控制在2cm以上。型材的设计过多，导致焊缝的焊接位置也多变，焊枪进枪困难，工装设计也困难，需要通过变位机来变换角度，成本高，而且很难实现每道焊缝的优良焊接。对于这种结构，仰焊很难避免，这需要设计时进行综合考虑。

4. 尺寸链、工装设计

铝合金焊接热输入相对较大，很容易形成1~2mm的收缩变形。在结构设计时，要避免工字型的结构，而采取口子型的封闭结构。对于零件连接处的间隙，要控制在1mm以内才能保证焊接质量。在车身尺寸链设计时间隙最好设为零，通过连接的两个零件的正负公差设计保证最终的搭接间隙。对于工装，要保证基准的统一，要最好能一直延续一个基准，这样对尺寸控制很有帮助，但实现起来会受到车身结构的很多限制。对于夹具的定位支撑面，相比传统夹具要加大，利用一些U形结构定位面进行定位。对于车身精度，焊接变形的存在，使得需要舍弃一些常规测量尺寸，而重点保证功能尺寸。

结语

铝合金弧焊工艺对零件的清洁度、生产存储周期、生产环境的温湿度等要求很高，其次焊接前还要进行限时的打磨处理，粉尘和烟尘还要进行防爆处理。通过工装进行焊接后，尺寸的控制、应力的问题都需要统筹考虑，要实现这种工艺在车身轻量化的应用，需要攻克的技术难点还有很多。 **AUTO1950**