铝焊接热变形控制方法浅析

张亮，陈文，刘非，高树森

一汽-大众汽车有限公司　吉林长春　130011

摘要：在新能源汽车生产制造过程中，一些电池产品是汽车厂家自制的核心部件，电池壳体更是电池的重要组成部分，其关键指标有两个：能量密度以及防腐性能。为了提升这两项指标，电池壳体采用铝合金材质并使用全铝焊接技术，这种轻量化工艺技术难点使焊接后尺寸易发生热变形，不仅变形量大小不确定，而且波动非常大，对后续电池模组的装配及整车装配造成返修工时及废品。在生产过程中，经过不断的测试与工艺试验，最终通过采用专用电池壳体校形装置解决了铝焊接热变形的难题，同时提出一套全新的尺寸调整方法。

关键词：铝焊接；电池壳体；热变形；尺寸校形

电池壳体如图1所示，生产工艺包含涂胶、焊接、冲铆、拧紧及压合等，还涉及在线测量、Smartray焊缝检测、涂胶3D测量、样件标定及气密检测等监控设备。

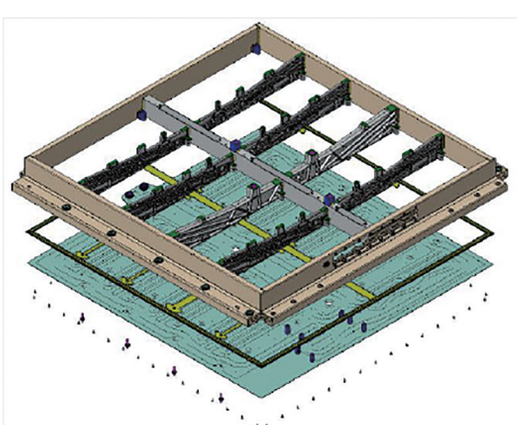


图1　电池壳体总成

能量密度是电池性能的重要衡量指标，为了提升能量密度，电池壳体采用全铝合金材质轻量化设计，与之匹配的是氩气保护的铝MIG焊接。

MIG焊工艺的特点是焊接热量大、强度高，因此焊接过程中产品必然会发生较大的尺寸变化。而电池壳体作为动力件，尺寸精度要求非常高，例如长达2m的单件在完成焊接后尺寸变化量不能超过0.5mm。

为此，一汽-大众公司规划了电池壳体焊接线，以满足产品“高强度、低变形”的质量要求。

电池壳体铝焊接工艺规划

电池壳体总成由13个单件62道焊缝拼接而成，如果一次焊接成形会产生大量焊接热量导致热变形严重，就需分两步完成所有焊接，并分别在焊接完成后自然冷却释放焊接应力，减小尺寸变形。为了验证

焊接后的焊缝质量以及总成尺寸变化量，还规划了Smartray及在线测量等检测装置及人工QRK监控点，电池壳体焊接工艺图如图2所示。

为了进一步优化焊接质量，在焊接线上采用了一套铝焊接热变形电池壳体校形装置，来控制焊接变形量。

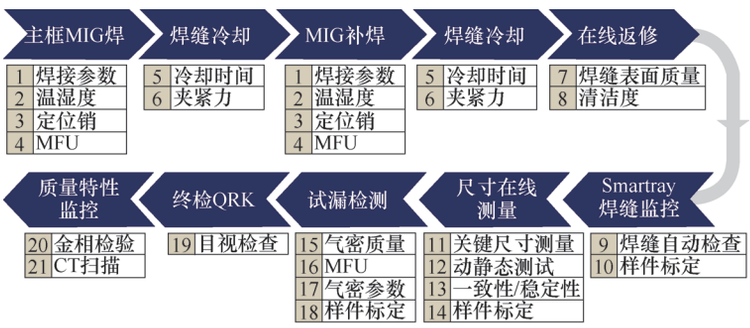


图2　电池壳体焊接工艺图

铝焊接热变形校形装置

铝焊接热变形电池壳体校形装置可以根据电池壳体的热变形量大小反向调整应力大小，从而实现校形电池壳体尺寸变形的效果。

铝焊接热变形电池壳体校形装置包括平台台架、固定机构、保压机构。其中平台台架具有适应电池壳体底部外形的平台台面，固定机构用于将电池壳体固定在平台台面上，保压机构向电池壳体施加恒定压力。电池壳体校形装置如图3所示。

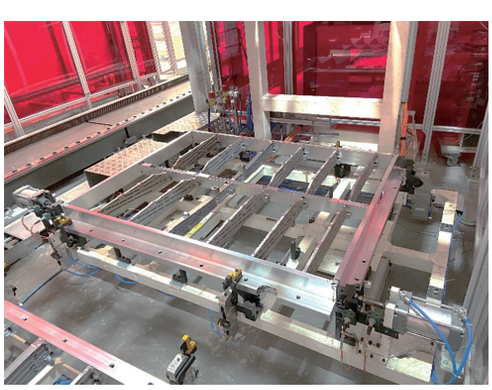


图3　电池壳体校形装置

焊接热变形自动校形方法

在上述校形装置的基础上，可以进一步搭载自动控制系统，包括控制器、焊接设备、校形装置和测量装置，实现自动补偿校形。其中焊接设备及校形装置的测量装置和保压机构电气连接至控制器，控制器接收测量装置传输的变形量数据，并根据变形量数据调节焊接参数，用于控制焊接设备和保压机构动作。

基于校形装置，向焊接完成后的电池壳体施加恒定压力并保压预设时间，获取校形完成后电池壳体的变形量数据，并根据所述变形量数据计算焊接热量。

控制器包含输入模块、计算模块和输出控制模块。输入模块接收焊接过程参数、每条焊缝的焊接加工时间、变形量数据及电池壳体冷却时间。计算模块根据所述焊接过程参数、加工时间、冷却时间及变形量数据计算焊接热量，并根据焊接热量计算需要调整的焊接参数。输出控制模块用于根据计算模块的计算结果调整焊接设备的焊接参数，并将调整后的焊接参数作为焊接过程参数控制所述焊接设备执行下一电池壳体的焊接加工过程。控制器还具有计时模块，用于在焊接加工过程中计量每条焊缝的焊接加工时间，并在焊接加工完成后计量焊接壳体的冷却时间。

自动控制系统完成铝焊接热变形电池壳体校形自动控制方法，可以概括为：向焊接完成后的电池壳体施加恒定压力并保压预设时间，获取校形完成后电池壳体的尺寸变化数据，并根据尺寸变化数据计算焊接热量。

该方法如下步骤：

（1）步骤S1　按照预设的焊接参数控制焊接设备执行电池壳体的焊接加工过程，并在对每一条焊缝焊接时触发计时模块计量加工时间。

（2）步骤S2　读取并存储焊接过程参数，所述焊接过程参数包括每一条焊缝的焊接方向、焊缝长度、零件刚度及焊缝数量。

（3）步骤S3　控制保压机构向置于校形装置上的

电池壳体施加恒定压力，并保压预设的冷却时间。

（4）步骤S4　到达预设冷却时间后，触发测量装置动作，并读取测量装置传输的电池壳体尺寸变化的变形量数据。

（5）步骤S5　判断步骤S4中的变形量数据是否超过预设误差阈值。

（6）步骤S6　如果步骤S5的判断结果为“是”，则调用步骤S2中存储的焊接过程参数，并根据所述焊接过程参数、加工时间、冷却时间及变形量数据等计算焊接热量；如果步骤S5中的判断结果为“否”，则返回到步骤S1执行下一电池壳体工件的焊接过程。其中，焊接热量计算方法为：$H=\sum_{i=1}^{j}a_ib_iC_id_ie_i\sigma$。

（7）步骤S7　根据步骤S6计算的焊接热量计算需要调整的焊接参数，并根据计算出的焊接参数调整焊接设备的焊接参数，所述焊接参数包括焊接电流。

（8）步骤S8　按照步骤S7计算的焊接参数作为设定的焊接参数返回执行步骤S1，依次循环往复。

为了更好地理解校形方法，总结如下：当第一个电池壳体完成焊接后，机器人将其自动抓取到校形装置，校形装置夹紧电池壳体并保压1min，随后读取测量表上的尺寸值，根据尺寸结果判定是否需要调整下一个电池壳体的尺寸。如果判定后需要调整电池壳体的尺寸，则根据公式计算出下一个电池壳体的焊接电流，相应更改焊接参数。如此循环上述作业，开展下一轮校形。

例如，其中一组调整数据如下，连续3个电池壳体测量表上的数值分别为0.42mm、0.45mm和0.48mm，平均值为0.45mm，根据标准判定为变形量不稳定需要及时调整。原参数对应的变形量H_1为−0.435mm，根据公式将部分焊缝电流从40A调整到38A，调整后对应的变形量H_2为0.012，变化量$H=H_2-H_1$=0.447mm≈0.45mm。

实施后，下一个电池壳体测量表上的数值为0.14mm，尺寸满足要求。因此调整焊接电流后热变形量得到控制，电池壳体尺寸满足技术要求。

结语

一汽－大众公司在电池壳体铝焊接工艺上，使用热变形校形工装，是生产过程质量控制上的一次全新的探索和实践，有助于保证产品质量，增强车型产品的竞争力。AUTO1950

（上接第40页）

智轨电车产业尚处于起步阶段，其生产配套设施的选型与设计有待持续研究。本文仅是一种针对智轨电车车辆生产厂所需的防雨密封性试验装置的设计方案，重点是介绍设计理念和思路，文中所用数据仅为说明计算过程，不代表真实的试验数据，不可直接作为设计依据，仅供参考使用。

参考文献：

[1] 魏国旗.汽车车身淋雨试验的作用与实践[J]. 重型汽车，2000（4）：14-15.

[2] 张坚城.车身防雨密封性检测与喷淋装置[J]. 汽车技术，1998（8）：38-40.

[3] 成志刚.机车淋雨试验系统指标的确定[J]. 电力机车与城轨车辆，2004，27（1）：42-43.

[4] 谢庆想，王新权.机车淋雨架系统设计及改造[J]. 城市建设理论研究，2018，32：127-128.

[5] 刘硕伦.客车淋雨室淋雨方案分析[J]. 天津汽车，1995（3）：36-39.

[6] 杨康和.整车下线淋雨工艺技术及应用[J]. 机械制造，2015（6）：67-70.

[7] 徐叶军.汽车淋雨检测线及其检测标准[J]. 现代零部件，2012（8）：82-83.

[8] 陈琳.新型机车淋雨试验台的设计[J]. 机车车辆工艺，2010（6）：37-38.

[9] 严植宁，周化哲.客车防雨密封性试验设备的设计[J]. 公路与汽运，2006（12）：7-9.

[10]郝少维.淋雨试验台的设计[C].第六届中国航空学会青年科技论坛文集，2004：468-471.

[11]宁寒，李伟聪，贺斌斌.Q/CF 4—2018 智能轨道快运电车防雨密封性限值及试验方法[S]. 株洲：中车株洲电力机车研究所有限公司，2018.

[12]占俊，朱丹，缪东.等. 一种有轨电车智能淋雨试验装置：中国，201820599882.1[P]. 2018-12-11.

[13]刘勇，陶建平，王建华，等.机车淋雨试验装置：中国，201020247519.7[P]. 2011-01-12. AUTO1950