

中频直流伺服焊接技术在车身制造中的应用

江淮汽车股份有限公司 (安徽合肥 230022) 魏庆丰 吴青云 周景 陈晋

1. 概述

车身是汽车整车的重要组成部分, 车身质量的好坏直接影响整车的使用寿命。电阻点焊是汽车制造中最主要的焊接方法, 完成车身90%以上的装配工作量, 通常每辆轿车白车身有4000~6000个焊点, 因而点焊质量与焊接效率对轿车的质量与成本有着重要影响。随着汽车性能的不断提高, 尤其是高强度钢板、镀锌钢板及热成形钢板的广泛应用, 传统的交流焊机加气动焊钳的电阻点焊工艺无法满足焊接质量要求。焊接电流、通电时间以及电极压力是控制焊接质量的3个主要的参数, 采用中频直流逆变焊接控制器可精确控制焊接电流和焊接时间, 使用伺服电动机驱动电极能够精确地控制电极压力, 中频加伺服的有效配合可以很好的解决焊接质量问题, 已经得到越来越广泛的重视。

2. 中频伺服焊接技术在瑞风商务车车身上的应用

(1) 应用背景 为提高瑞风焊装线的节拍, 达到年产10万辆产能的目标, 同时提高车身质量, 焊装车间进行个别工位的改造, 解决了节拍瓶颈、设备故障率高、焊接质量不稳定等难题, 同时可为后期中频伺服焊接技术的广泛应用奠定了基础。

本次应用选择瑞风商务车MB07顶盖与侧围补焊工位进行改造, 主要是由于: ①原机器人设备运行时间较长, 故障率高停线时间长, 且补焊点较多, 节拍瓶颈。②焊钳需跨侧围窗框焊接顶盖焊点, 焊钳尺寸较大, 中频直流变压器体积质量小, 有利于机器人设备型号的选择, 同型号机器人可获得较大加速度, 节省操作时间。③MB07工位四层板焊点较多, 且实际装配时, 顶盖与侧围搭接不

良, 焊接质量不稳定, 采用中频直流控制器可提高对焊接电流、焊接时间等参数的控制, 从而提高焊接质量。④伺服焊钳可以有效减小预压阶段的冲击力, 减少板件变形, 同时更精确的控制焊接阶段的压力, 提高焊接质量及工位节拍。

(2) 选型 本次改造主要包括更换原3台旧机器人, 新增中频直流焊接控制系统和伺服焊钳, 替代原交流、气动焊接模式。

首先, 中频直流焊接控制系统。选择梅达MedWeld 6000集合式焊接控制器(见图1)。MedWeld 6000 向中频直流(MFDC)逆变器提供触发脉冲, 以及向MFDC 提供焊接电流。提供多种接口方式满足KUKA、ABB、FANUC集成要求。同时控制器用监视电压和按需要增加电流的方法来补偿焊接环境的变化, 以获得一致的焊点质量。当电压波动时初级电流随之变化, 如果焊接能量 E 下降, 时调器触发相位向前移(来增加 I)直至 E 稳定下来。

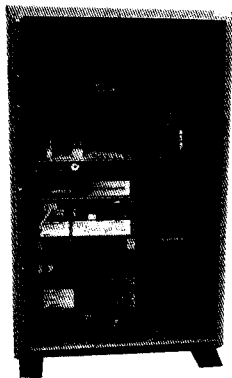


图1 梅达MedWeld 6000集合式焊接控制器

其次, 伺服焊钳。焊钳选择南京小原, 具体型号通过TECNO软件对该工位所有焊点进行仿真

模拟，最终选择SRTC-C0298型号一把，SRTC-C0299型号两把，同时确定机器人位置。MB07工位焊点仿真模拟过程如图2所示。焊接变压器采用小原NI110H-610A-U系列，容量110kVA，初级电压600V，二次电压12.5V，频率1000Hz，重量仅28kg。



图2 MB07工位焊点仿真示意

最后，机器人选择KUKA KR 210-2K，额定负载为210kg，同时根据机器人所抓伺服焊钳的型号和重量，进行负载分析，确保机器人型号满足工艺要求。图3为KR210-2K机器人分别对所选两种类型焊钳的负载分析结果，可以看出在模拟过程中，机器人各轴负载均小于80%，满足工艺要求。

(3) 工艺调试 MB07工位侧围与顶盖搭接焊点存在较多4层板焊接，总板厚超过4mm，且实际拼焊时板件搭接不良，存在装配间隙，普通工频气

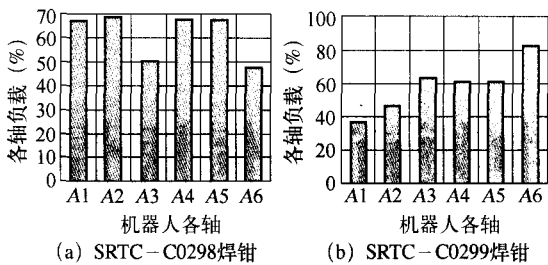


图3 机器人各轴负载

动焊接模式无法根据实际的装配状态自动调整焊接参数来保证焊接质量，因此，此处焊点的焊接质量很不稳定。焊接电流过大，就会造成焊点过烧或烧穿；反之，焊接电流调小，又会引起弱焊或虚焊。且气动焊钳接触板件时较大的冲击力容易导致顶盖变形，无论如何调整焊接参数，都无法得到稳定良好的焊点质量。中频伺服焊接技术很好地解决了此问题，调试过程中首先通过撕片及拉伸试验，初步确定工艺参数。进行撕裂拉伸试验时，根据该工位板件搭接组合，每台机器人选择两种焊接参数，分别对应3、4层板撕片进行焊接并进行相应试验，结果如表1、表2所示。

根据上述试验过程，同时对实车焊接情况进行现场评审，最终确定最优工艺参数。现场验证结果表明，使用中频伺服焊接技术焊接侧围与顶盖4层板，焊点焊接质量合格稳定，外观良好。图4为调

表1 机器人焊点撕裂试验记录

机器人	焊钳 型号	焊接 参数	总板厚/mm	焊接 电流/A	电极压力 /kN	通电 时间/cyc	焊核直径 /mm	焊点照片	撕裂后照片	结论
RB1L	SKTC-C0299	1	1×1×1	7400	2	15	5.5			合格
		2	1×1×1×1	7800	2.2	15	6			合格
RB1R	SKTC-C0299	1	1×1×1	7400	2	15	5.5			合格
		2	1×1×1×1	7800	2.2	15	6			合格
RB2L	SKTC-C0298	1	1×1×1	7200	2	15	5			合格
		2	1×1×1	7400	2.2	15	5.5			合格

表2 机器人焊点撕片拉伸试验结果

序号	焊机编号	机器人工位号	焊钳型号	搭接型号	搭接层数	总板厚/mm	工艺要求/N	试验结果/N	结论
1	车身线7#位	753-226	RB1L	SKTC-C0299	3	1×1×1	≥3652	14537	合格
					4	1×1×1×1	≥4482	22631	合格
2		753-227	RB1R	SKTC-C0299	3	1×1×1	≥3652	14725	合格
					4	1×1×1×1	≥4482	24181	合格
3		753-228	RB2L	SKTC-C0298	3	1×1×1	≥3652	14796	合格
					4	1×1×1×1	≥4482	20756	合格



图4 中频伺服焊接系统在MB07工位应用

试完成后的中频伺服焊接系统应用情况。

(4) 效果评价 中频伺服焊接技术的应用，除了成功解决该工位焊接质量不良问题外，对于节能降耗，节拍提升方面也有明显改善，为充分验证节能及节拍提升效果，下面从改造前后的现场工艺状态进行对比，分析改善效果。

首先，能耗分析。改造前该工位焊接电流为10 000A，焊接时间15cyc。采用中频焊机后，在满足焊接质量的前提下，焊接电流<8000A，焊接时间不变。可以看出，能耗节省主要来自两方面：一是由于采用中频直流焊机，无回路感抗，功率因数提高，减少了无功损耗；二是由于交流有过零转换，其间会损失一定的能量。而直流电源持续加热，能快速得到所需要的热量。因此同样板件组合形成合格熔核需要的焊接电流可以更小，从而节省单点能耗。改造前后的单点能耗计算过程如表3所示，中频直流焊接技术可以节能约40%左右。

表3 改造前后单点能耗对比

设备类型	工频交流一体化 (改造前)	中频直流一体化 (改造后)
每度电费/元	1.00	1.00
焊接次级电流/A	10000	8000
焊接时间/cyc	15	15
功率因数	0.9	0.95
变压器变压比	50	74
初级电流/A	200	108.11
初级电压/V	380	380
每焊点/kVA	68.4	39.03
每焊点所用电量/kW·h ⁻¹	0.005130	0.003090
每焊点所用电费/元	0.005130	0.003090
能耗比 (%)	60.23	

其次，节拍分析。测量采用中频伺服焊接技术后该工位各机器人的焊接节拍，同时对比改造前的节拍情况，表4反映了工频气动焊钳与中频伺服焊

钳单点焊接速度。可以看出采用中频伺服焊钳后，节拍提高了约30%，单点焊接时间从原来的3.1s提高到2.2s。使用同等台数情况下，采用中频伺服焊接技术具有更高的节拍。

表4 改造前后单点节拍对比

机器人	焊接 点数	改造前 焊接 时间/s	改造前 单点 耗时/s	改造后 焊接 时间/s	改造后 单点 耗时/s	单点 耗时 节省/s	节省 比例 (%)
RB1L	46	143	3.11	101	2.20	0.91	29.37
RB1R	47	145	3.09	102	2.17	0.91	29.66
RB2L	45	138	3.07	98	2.18	0.89	28.99
均值	—	—	3.09	—	2.18	0.91	29.34

中频伺服焊钳在节拍提升上具有显著优势，对于规划纲领大的焊装线可以更突出地体现其经济效益。假设规划一条60UPH，3平台6车型共线的高柔性焊装线，设备开动率85%，则单工位实际节拍51s，采用高速辊床输送时间8s，焊接时间需小于43s。某车型车身补焊工位有7个工作站，每个工作站布置6台焊接机器人，需补焊550点。采用工频气动方式焊接，则单台机器人最多焊接14点。若采用中频伺服方式焊接，单台机器人可以焊接约20点，仅需5个工位30台机器人即可满足规划要求，表5为两种焊接方式的对比结果。因此，采用中频伺服焊接技术，同规划纲领情况下需工位、机器人及焊机焊钳数量更少。

表5 两种焊接方式的对比

焊接方式	单点 耗时/s	焊点 总数	单台 焊点数	机器人 人数	单工 位台数	工位数
工频气动	3.1	550	13~14	42	6	7
中频伺服	2.2	550	19~20	30	6	5

3. 结语

(1) 中频伺服焊接技术对焊接电流、焊接压力、焊接时间的控制更精确，可以更好的保证焊接质量及稳定性，受外在环境影响小。

(2) 相对工频气动方式，采用中频伺服焊接技术，在其他外在条件及焊接参数不变的情况下，较小的焊接电流即可满足质量要求。考虑功率因数，可节能约40%。

(3) 对于补焊工位。相对工频气动方式，采用中频伺服焊接技术，单点耗时可减少约30%。同等规划工位及使用台数情况下，生产线节拍更高；同等规划纲领节拍下，可显著节约工位、机器人及焊机焊钳使用数量。MW (20111130)