

中频伺服机器人焊钳的应用

随着汽车工业的发展,对车身焊接的质量、生产效率等方面要求越来越高,尤其是车身新材料如高强度钢板、热成形钢板、镀层钢板的采用,对焊接技术和焊接设备提出了新的要求。另外,汽车价格竞争日益激烈,除了通过设计降低成本之外,对生产工艺也提出了降低成本的要求。机器人、中频焊接和伺服焊钳新技术的发展和应用,在提高车身质量、生产效率、节约制造成本、改善焊接工作环境等方面发挥了重要作用。这项技术在汽车车身焊接工艺中得到了越来越广泛的应用,更多工程技术人员也参与到此项技术研究中来,希望它发挥更大的作用。

焊接机器人

随着工业自动化的发展,机器人得到了广泛应用,根据机器人的加工工具和操作对象不同,主要分为焊接机器人、切割机器人、喷涂机器人以及转运机器人等;按其结构不同,有六轴机器人、七轴机器人、八轴机器人。

焊接机器人的工作工具是焊钳,按照工艺轨迹要求,通过坐标转换和各轴的运动,带动焊钳完成目标运动实现焊接(见图1)。它具有很高的柔性、精确度和高效性,为实现中频伺服焊钳功能提供了运动基础。

中频焊接技术介绍

目前,中频焊接使用的频率分为工频和中频,工频就是常见的电源频率50Hz,中频是指工频经过脉宽

调制PWM逆变之后的800~1000Hz,控制原理如图1所示。

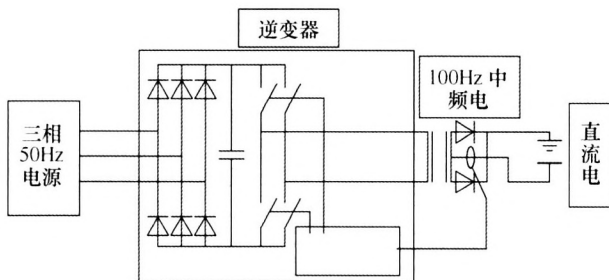


图1 中频焊接控制原理

中频焊接输出是直流电,其初级电压和次级电流对电网冲击很小。通过中频和工频焊接试验,在相同焊接能力下,对交流和中频焊接在初级每相的电流进行比较,从示波器输出图可以看出,中频焊接明显对电网的冲击要小。

中频焊接在车身生产中的优点如下:

(1) 经济效益好 中频焊接采用三相输入,功率因数高达0.9以上且节能。汽车制造厂95%的电阻焊机是交流的,交流点焊机与电力网接通依靠晶闸管导通,因此存在空白区,热量不集中且焊接质量不稳定。而中频点焊机三相负载平衡、低输入,没有电网过渡过程,功率因数高并且节约电能。在轿车白车身焊接中,经常使用160kVA交流悬挂式点焊机,如果使用中频点焊钳只需70kVA。

(2) 焊接质量高 中频焊接由于焊接电流小,电极发热量小,延长了电极使用时间,焊接条件范围扩大。由于频率高达1000Hz,次级电流输出能力强,波

形平直，熔核尺寸稳定范围扩大。几乎不产生飞溅，焊接初级阶段电流呈自然递增，焊点表面质量好。经试验，在单相交流焊机点焊100焊点情况下，单相整流焊机为130焊点，中频点焊机为240焊点；同样对镀层钢板，单相交流焊机为110焊点，中频点焊机为355个焊点，中频点焊机稳定的焊接范围较大。车身焊接过程中，在保证焊核直径为5mm时，焊接电流为计算电流的1.5倍。0.7mm镀层钢板单相交流焊机焊接电流为 $8.7\text{kA} \times 1.5 = 13\text{kA}$ ，在标准焊接电流条件下产生飞溅；而中频点焊机焊接电流为 $5.6\text{kA} \times 1.5 = 8.4\text{kA}$ ，按设置焊接电流无飞溅。

(3) 焊接回路小型轻量化 中频点焊机机器人系统焊钳和整流焊接变压器一体化，中频整流焊接变压器的质量约为单相交流式的 $1/5 \sim 1/3$ ，而焊钳质量约减小 $1/3 \sim 1/2$ 。

(4) 适合焊接异种金属 中频点焊焊接电流波形可以设置。直流极性效果和良好的热效率使电流焊接热效率比交流点焊高，且可以用低电流焊接，两者点焊的焊核温度对比如图2所示。因此，中频点焊有焊接钢、带镀层钢板、不锈钢、铝及对不同导热材料进行组合焊接的特性，例如：铝和钢的点焊。

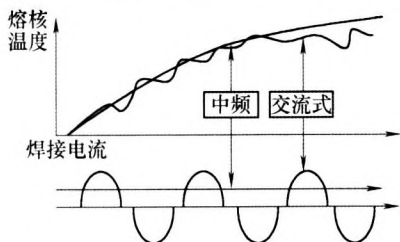


图2 交流和中频点焊焊接熔核温度比较

(5) 焊接规范广 响应速度为1ms，电流能够更快地达到设定值，能更多、更准确地分析参数。

伺服焊钳

目前，车身焊接中使用的焊钳按照动力源主要分为气动焊钳和伺服焊钳两类。

1. 气动焊钳

由于气动焊钳具有容易控制、结构相对简单、易维护保养等优点，目前使用较为广泛，但存在焊接质量差和成本费用高等问题，其主要缺点有：

- 1) 气动焊钳在焊接时所有焊点只能采用一种焊接压力，不利于控制焊接质量。
- 2) 气动焊钳在焊接加压时无法控制电极移动速

度，对工件冲击较大，容易使工件产生变形。

3) 气动焊钳在焊接时产生的噪声较大，无法准确控制焊接压力，产生焊接飞溅，使工作环境劣化。

4) 虽然气动焊钳上考虑了对电极磨损量的补偿，但由于无法计算磨损量具体值，因此仍存在影响焊接质量的问题。

2. 伺服焊钳

为克服这些缺点，提高焊接过程可控性，近几年随着伺服控制技术的日益成熟，伺服焊钳被越来越广泛地应用到汽车车身点焊焊接中。

伺服焊钳的结构主要包括伺服电动机、变压器、滚珠丝杠机构和焊钳本体。伺服焊钳的动力源是伺服焊机，伺服电动机相当于气动焊钳的气缸。伺服焊钳实现焊接运动过程是通过伺服电动机旋转运动经过滚珠丝杠转化为焊钳电极的直线运动。

在焊接机器人系统中，伺服焊钳的伺服电动机直接由机器人的伺服控制器控制，相当于机器人的一个附加工装轴，通过伺服电动机编码器的反馈数据准确控制电极的移动量，这样就使焊钳移动侧电极的行程运动处于机器人控制当中，使焊钳电极移动过程的位置、速度过程随时受控。

伺服焊钳还具有以下优点：

(1) 提高焊接质量 在点焊过程中加压力的大小对焊接质量影响较大，如何在焊接过程中实现加压力的动态可控，是保证焊接质量的重要手段。

对于伺服焊钳来讲，首先伺服焊钳中的伺服电动机输出转矩可以通过控制机器人伺服控制器进行输出控制，因此电极压力能很方便得到控制，这样可以根据不同板厚及焊点位置随意设定每一焊点焊接时的电极压力，避免由于压力过大或不足带来的焊接质量问题。同时在焊接过程中，可以根据通电电流曲线将加压过程相应分成几段，设定成不同压力来达到最优质的加压曲线。通过对压力的精准控制很容易得到高质量的焊点，尤其在控制焊接过程飞溅问题上通过压力的动态调节能够取得良好的控制效果。

其次，焊钳闭合加压时，不仅压力大小可以调节，而且在闭合时两电极是轻轻闭合，实现软接触控制，也就是说在电极接触到工件时可以逐渐加压，减少了对工件的冲击，减轻了后续工序车身表面修磨的工作量。

(2) 降低生产成本 伺服焊钳可以通过伺服电动机控制及编码器的反馈, 计算两电极接触时的位置, 通过与原始标准位置的比较, 就可以计算出电极的磨损量。一方面机器人可以通过这一结果补偿电极运行长度, 确保电极与工件接触间隙位置正常, 提高焊接质量; 另一方面也提高了电极使用的精准性, 准确计算电极磨损量, 控制电极的更换频次, 使生产成本下降。

(3) 提高效率 伺服焊钳可以在机器人的控制下, 一边向焊点移动, 一边进行电极夹紧, 每个焊点的焊接周期可大幅度降低, 因为焊钳的张开程度是由机器人精确控制的, 机器人在点与点之间的移动过程中焊钳就可以开始闭合。而焊完一点后, 焊钳一边张开与工件分离, 机器人就可以带动焊钳向下一目标位移, 不必等机器人到位后焊钳才闭合或焊钳完全张开后机器人再移动, 这样就提高了每个焊点焊接循环的速度, 提高了整体的工作节拍。焊钳张开度也可以根据工件的情况任意调整, 只要不发生碰撞或干涉尽可能减少张开度, 以节省焊钳开合所占的时间。

(4) 改善工作环境 伺服焊钳的精确加压控制, 有效避免了因压力不足产生的焊接飞溅, 并且软接触控制消除了电极与工件接触时的噪声, 改善了工作环境。

伺服焊钳对焊接质量提高的优势使其正在逐步替代传统的气动焊钳, 广泛应用到点焊机器人系统中。

为了达到对焊接过程的良好控制, 伺服焊钳在与机器人连接时需设定相应物理参数, 除焊钳尺寸、重心、质量等基本参数外, 还应设置伺服焊钳专用的焊钳加压力与伺服电动机电流关系曲线、钳臂弯曲量补偿系数等专用参数。

中频伺服机器人焊钳的应用实例

综合所述, 机器人点焊焊钳可以分为四类: 工频气动焊钳、工频伺服焊钳、中频气动焊钳和中频伺服焊钳。中频伺服焊钳在控制焊接质量、节约成本等方面有很大的优势, 也是其逐渐得到推广使用的原因。

在车身结构中, 地板纵梁是整个车身强度的核心。因此在设计时, 纵梁一般采用热轧高强度2.5mm厚的钢板搭接结构(见图3), 在工艺加工中这些钢板主要存在成形困难、成形不到位、板间间隙大、焊接强度不好保证、焊接飞溅大等缺点。为了解决这些问题, 就要用设备来弥补设计和工艺之间的矛盾点, 通

常要采用中频伺服焊钳。中频技术可以克服板厚、材料问题、伺服技术可以弥补板间间隙、成形不到位等问题。

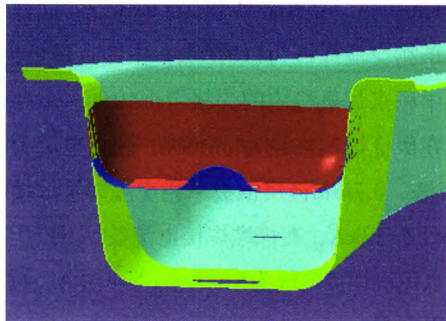


图3 纵梁搭接结构数模

此种设备和技术, 在奇瑞Q235的地板拼焊工位得到使用, Q235此处焊点强度从调试至今NQST始终为零, 从未出现过不合格焊点。此项技术也优化了在其他车型地板纵梁搭接处采用点焊、CO₂焊的双工艺, 现只采用点焊且能保证强度, 提高了劳动效率、降低了成本、改善了员工的操作环境、避免了安全事故。

车身焊接和材料发展的展望

随着对汽车安全性要求越来越高, 再加上对汽车的重量和成本的严格控制, 车身所用材料将逐渐减少常用的冷轧钢板, 新型材料会越来越多, 例如: 高强度钢板、热成形钢板、激光拼焊钢板、镀层钢板、塑料板等, 这些钢板具有强度高、重量轻、成本低等优点, 但普遍存在焊接困难的缺点。而中频伺服技术可以克服焊接困难的缺点, 因此会得到广泛的应用。我国应该加大对中频伺服焊接技术的研究, 使它更好地服务车身焊接工艺。

结语

中频伺服机器人焊钳是自动化技术、先进焊接技术的综合产物。它的出现不仅解决了以前很多的焊接缺陷, 节约了生产成本, 提高了能源利用率, 而且改善了员工操作环境, 大大提高了焊接工艺水平, 为汽车制造的水平提高打下了良好基础。作为技术人员, 我们要加大研究自动先进的焊接技术, 为中国汽车制造业做出贡献。

关键词:

中频焊机 伺服焊钳 机器人

(收稿日期20121105)