冷弧焊更有助于汽车轻量化

□ 伊达新技术电源（昆山）有限公司/Martin Hartke

coldArc冷弧焊是一种新型的熔化极气体保护电弧焊方法。该方法通过对焊接过程中电弧电压和电流进行精确的控制和调节，使电弧稳定，同时又能显著地降低电弧能量，满足超薄的镀锌板以及轻型铝合金材料的焊接。

在现代工业中超薄板以及轻型金属结构件的用途已经越来越广泛，尤其是在汽车工业中，超薄的镀锌板以及轻型铝合金材料的应用已非常普遍。这类工件在焊接时对电弧的热量非常敏感。要求焊接电弧的能量尽可能小，以避免焊接件因过热而受到不良影响。常规的气体保护电弧焊已不能满足这类工件对焊接的要求。德国EWM公司的coldArc——冷电弧熔化极气体保护焊，简称“冷弧焊”，是一种新型的熔化极气体保护电弧焊方法。该方法通过对焊接过程中电弧电压和电流进行精确的控制和调节，使电弧稳定，同时又能显著地降低电弧能量。

传统的小电流气体保护电弧焊接——短弧焊

在传统的气体保护电弧焊中，短弧焊是一种低能量的焊接方法，在薄板焊接中常被采用。短弧焊的焊接电流和电压都较小，其熔滴过渡为短路过渡，如图1所示。从图中可见，电弧燃烧后路，电弧被熄灭。熔池的表面张力将熔滴拉向熔池，使熔滴产生颈缩，随后熔滴与焊丝分离，在焊丝和熔池之间又重新燃烧电弧。

图1同时显示出短弧焊中一个熔滴短路过渡周期里的焊接电流和焊接电压的变化：

（1）在短路瞬间，由于电阻变小，电压急骤下降，电流开始上

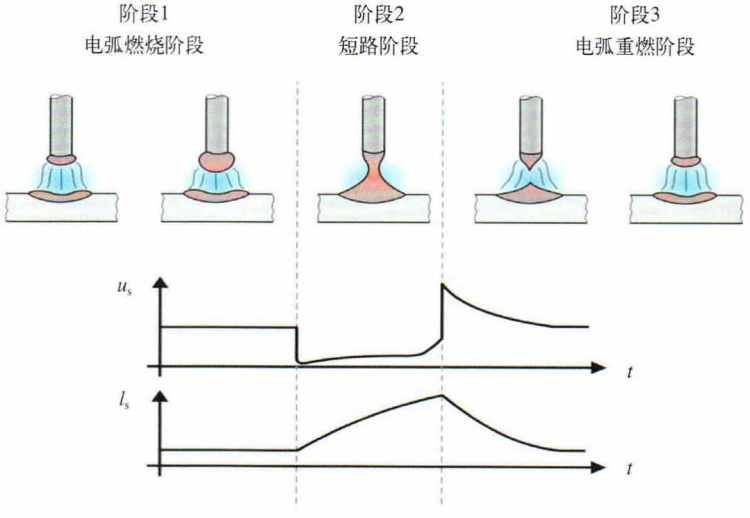


图1 短弧焊时熔滴短路过渡及相应的电压、电流变化示意图

升，直至短路电流。

（2）在熔滴脱落的瞬间，电压急骤上升，以保证电弧重新引燃。由于电路中电感的存在，熔滴脱落后电流只是缓慢地下降。因此在短路后电弧重燃的瞬间，电流和电压值都很高，如果控制不当，在这一瞬间极容易出现飞溅或电弧不稳。

现代化的焊接电源可以对短路熔滴过渡过程中的电流和电压进行控制，使短弧焊时电弧稳定，并且几乎无飞溅产生。因此在一般的薄板焊接中，短弧焊被广泛应用。但是短弧焊中电弧重燃时较高的电弧能量却会对许多焊接件产生不良影响。例如在超薄板焊接时，短弧焊重新燃弧的高能量会将焊件烧穿。在焊镀锌板时容易破坏表面的镀锌层等。因此在焊接对热量极为敏感的焊件时，传统的短弧焊已不能适应要求，需要有新的焊接方法。

coldArc——冷弧焊原理

德国EWM公司不久前推出的coldArc——冷弧焊方法，其目的是为了降低短弧焊过程中电弧重燃时出现的局部能量高峰。冷弧焊也是一种短弧焊接过程，有周期性的短路阶段和燃弧阶段。图2是冷弧焊过程中电压和电流在一个短路周期里的变化。其电压的变化与传统的短弧焊电压变化一致。在焊接过程中，该电压的变化被不间断地反馈给焊机的控制系统，焊机中的数字信号处理器（DSP）根据反馈的电压信息对电流进行快速的调节，在电弧即将重新燃烧的瞬间，以不到1μs的时间快速地将电流降下来，使电弧在非常平稳的状态下重新燃烧。

弧重燃后，为了使焊丝的端头形成新的熔滴，又需要较高的电弧能量，因此在电弧重燃后，给出一小的脉冲电流，以确保焊丝端头熔滴的形成。随后再将电流降到很低的状态，使熔滴不再长大。此后又开始了下一个短路过渡周期。冷弧焊通过控制短路过渡时的电弧能量，使每次过渡的熔滴大小均匀，因此焊缝成形均匀。同时又将焊接过程中电弧的能量降至最低。图3是传统短弧焊和冷弧焊在电弧重燃

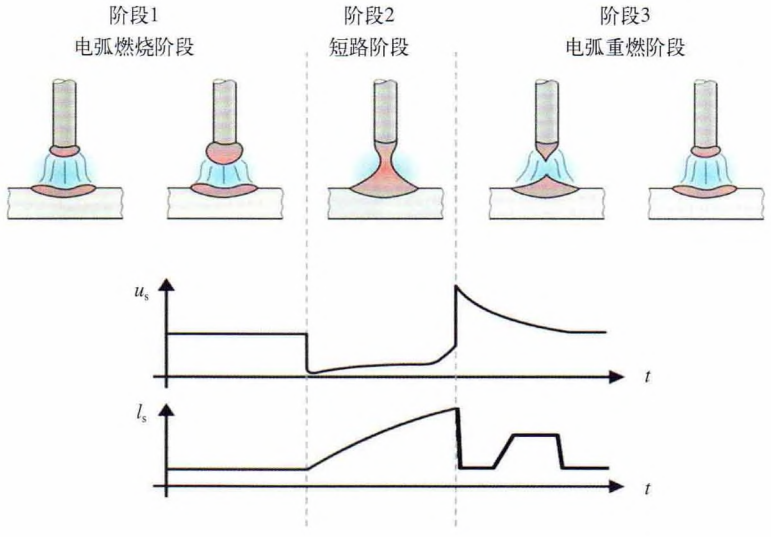


图2 冷弧焊时熔滴短路过渡及相应的电压、电流变化示意图

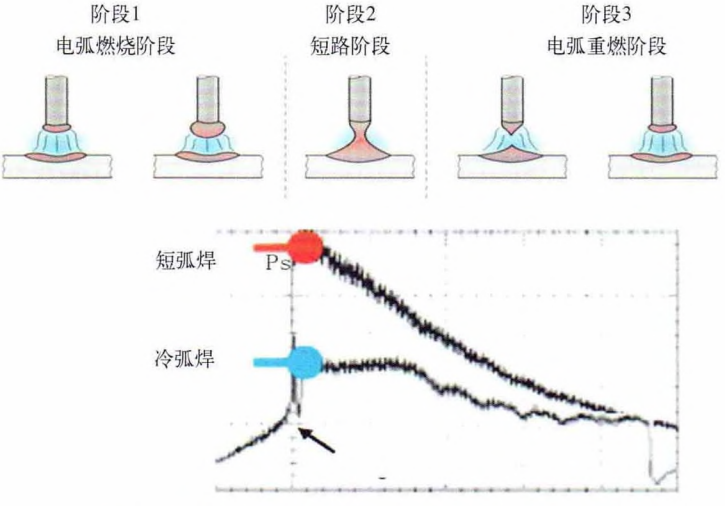


图3 电弧重燃时短弧焊电弧能量和冷弧焊电弧能量比较

图4 冷弧焊熔滴短路过渡高速摄影照片（8 000张/s）

时电弧能量的比较。冷弧焊的能量显著低于短弧焊，特别是在电弧重新燃烧的瞬间，冷弧焊的能量大幅度地降低。

图4是高速摄影拍下的冷弧焊过程中一个短路过渡周期的照片。熔滴过渡和电弧重燃在非常平稳的状态下进行。

冷弧焊焊接方法完全是通过焊接电源内的电气控制系统来实现的。要求对电源的输出控制更为精确、快速和有效。图5是EWM-coleArc冷弧焊数字化控制逆变电源。电源对送丝机构和焊枪并无特别要求，常规的熔化极气保焊送丝机构和焊枪可直接用于冷弧焊焊接。这种方法即可用于全自动化焊接，也可用于手工半自动焊接。

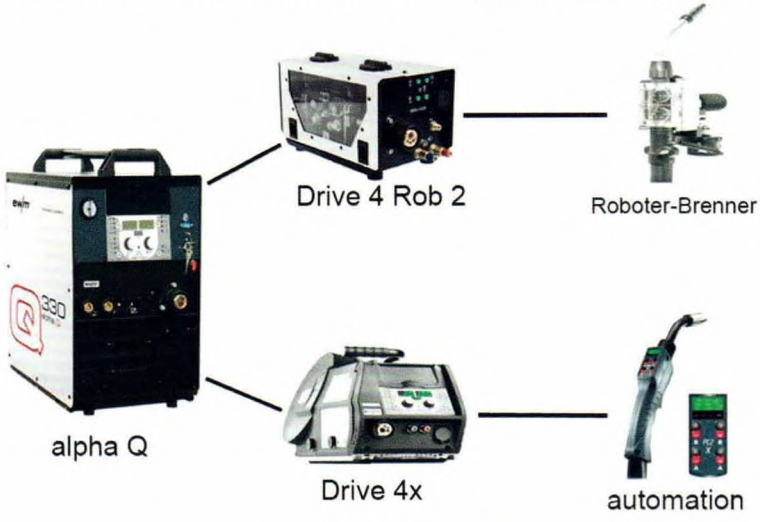


图5 冷弧焊数字化控制逆变电源

冷弧焊的应用

冷弧焊方法扩展了MIG/MAG焊在金属连接中的应用范围。例如在汽车工业新型车体的焊接中，传统的MIG/MAG焊接方法不能获得满意的效果，采用冷弧焊方法可以得到性能优良的焊接接头。冷弧焊一个典型的应用是在汽车车体的焊接上面。汽车上常用的镀锌板现在基本上用Cu焊丝进行电弧钎焊。当焊缝间隙很大时，采用常规的电弧钎焊难以焊接，冷弧焊却可以焊出优良的焊缝。

图6是冷弧焊电弧钎焊的为4mm大间隙镀锌板焊缝。镀锌板厚0.8mm，采用的焊丝为1.0mm直径的$CuSi_3$焊丝。手工半自动焊接焊接电流50A，电压13.5V。冷弧焊还可用Zn基焊丝进行电弧钎焊。Zn基焊丝的熔点为450℃，大大低于Cu基焊丝的熔点(约1000℃)。用Zn基焊丝进行电弧钎焊，母材受到的热影响小。Zn基焊丝的沸点略高于900℃，如果在焊接时电弧重燃的能量未控制住，熔滴会被蒸发掉。冷弧焊对电弧重燃时的能量进行了有效的控制，使Zn基焊丝在电弧钎焊中的应用成为可能。

图7是Zn基焊丝电弧钎焊的0.75mm厚的镀锌板。无论是在焊缝的边缘，还是在焊缝背面的钢板上，其镀锌层都保持完好，并未被

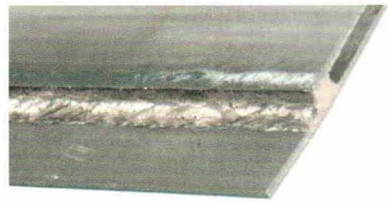


图 6

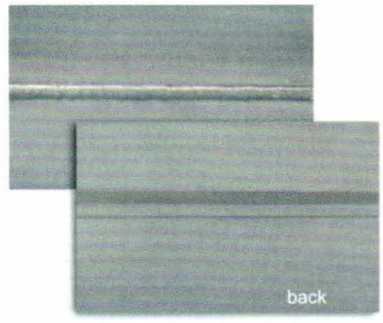
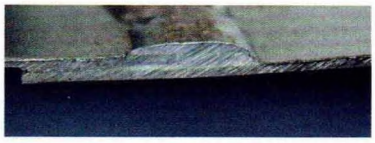


图 7

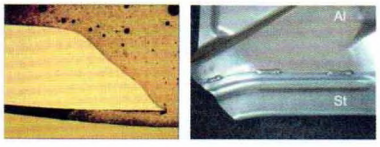
电弧烧损。在汽车工业中还越来越多的要求将铝和钢连接在一起，用冷弧焊和Zn基焊丝可实现这两种不同材料的电弧焊接。接头中铝材被局部熔化，而钢材则被钎焊上，避免了焊缝中出现FeAl脆性相。

图8是这种焊缝的一个例子。图9为镀锌板板厚0.7mm，AlMg合金板厚1.0 mm，冷弧焊铝－钢混合材料搭接接头。1.0mm直径$AlSi_5$焊丝，焊接速度1.1m/min，焊接电压 U=14.5V，焊接电流 I=60A。图10为冷弧焊电弧钎焊镀锌板搭接接头。板厚0.7mm，1.0mm直径Zn基焊丝焊接电压U=13.5V，焊接电流 I=40A。图11为冷弧焊铝－钢混合材料搭接接头。镀锌板板厚0.7 mm，AlMg合金板厚1.0mm，1.0mm直径Zn基焊丝，焊接电压U=13.5V，焊接电流I=40A。图12为板厚1.0mm，焊缝间隙1.0mm，1.0mm冷弧焊钢板对接接头。直径$G4Si_1$焊丝，焊接速度2.0m/min，焊接电压U=19V，焊接电流I=136A。

图13为板厚0.5mm，0.8 mm直径不锈钢焊丝，冷弧焊不锈钢搭接接头。焊接速度2.0m/min，焊接电压U=16.5V，焊接电流 I=90A。图14为板厚0.8mm，1.0 mm直径$AlSi_5$焊丝，冷弧焊AlMg3搭接接头。 焊接速度1.2 m/min，焊接电压U=13V，焊接电流I=55A。



(a) 接头剖面



(b) 剖面金属图　　(c) 汽车车门的铝-钢接头

图8 冷弧焊铝-钢混合材料接头

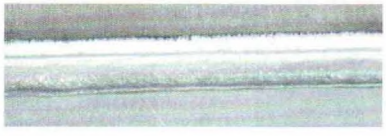


图 9

图 10

图 11

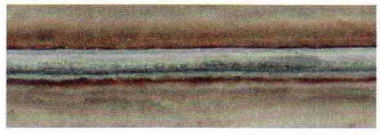


图 12

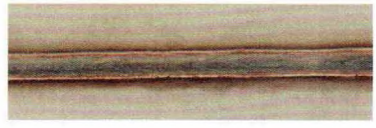


图 13

图 14

结语

冷弧焊是一种熔化极气体保护电弧焊，其电弧能量比短弧焊更低。冷弧焊是通过对电源的电气控制来实现的，既可用于全自动焊接，也可用于手工半自动化焊接。冷弧焊采用了更为精确的方法来控制短路过渡中的熔滴过渡，使电弧更为平稳，焊缝均匀。在薄板以及对电弧热量非常敏感的材料的焊接时，采用冷弧焊可获得比传统焊接方法更为理想的焊接接头。

AUTO1950

Martin Hartke
焊接工艺与研发部门负责人，在不同材料之间的焊接技术处于领先地位，特别是客户订制的焊接工艺方面。

2017中国增材制造大会暨展览会新闻发布会顺利召开

2017中国增材制造大会暨展览会将于2017年7月26-28日在杭州国际博览中心举行。本次大会暨展览会是在工业和信息化部、浙江省人民政府指导下，由中国电子信息产业发展研究院、浙江省经济和信息化委员会、杭州市人民政府联合主办的。展会以“增材制造，智造新动能”为主题，是增材制造领域首个由政府主管部门指导的高端展会。