

一种新的焊接手段——电子束焊接

徐 式 如

无线电爱好者常用电烙铁进行焊接，机械厂常用电焊或气焊进行焊接，这些都是人们所熟悉的。实际上还有许多其它种焊接方法，其中较新的一种方法就是电子束焊接。

当高能电子束冲击工件时，电子的动能可以转变成热能，从而实现焊接。如何才能使电子得到极高的能量密度呢？必须一方面让电子通过一强电场（例如几万到十几万伏特），从而得到很高的动能；另一方面，还必须有足够多数量的电子，所以必须使电子会聚成密集的电子束。当电子通过电磁场时，可以起会聚作用，就象光线经过一个玻璃聚光镜，可以会聚成很小的光点一样。这种密集的、能量很高的电子束所产生的热能，足以使材料瞬间熔化或蒸发，因此电子束焊较之其它焊接有许多独特之优点。

1. 电子束焊较其它焊接的能量密度高得多，可达 10^9 瓦/平方厘米，约为普通电弧焊和氩弧焊的10万倍，比激光束还高。使用这样高的能量密度的电子束轰击焊件表面，材料不但会迅速熔融，而且可在极小范围内汽化，从而产生狭小的熔融区，得到窄而深的焊缝。一般焊接深宽比为1:1，电子束焊约为20:1，甚至更高，这是电子束焊所特有的现象。

2. 焊接时能量在工件内的变化过程，一般焊接的加热源几乎只触及工件表面，然后向周围和纵深处传导，故热影响区很大。电子束对工件的熔融和汽化过程，是沿纵深方向发展的，而且非常迅速，故焊接速度高，因此其热影响区可保持在一个很狭小的范围内，引起的工件线收缩和角变形都很少。

3. 电子束焊一般在真空中进行，真空是一种理想的保护环境，焊缝和整个零件几乎不会氧化或受到污染。且因电子束焊不需另加填充焊丝，因此焊缝纯度很高，焊缝处强度也与母材相当。故电子束焊特别适合于稀有、贵金属或高精度、高强度焊接加工的需要。

4. 电子束焊接有关的工件参数均可精确控制，故易于实现自动化和程序控制，且可解决其它焊接方法无法实现的特殊工艺，电子束焊接的优点是很多的，应用领域越来越广。国外在60年代初，主要应用于原子能和宇航工业，60年代末已在汽车工业中开始应用，后又推广于机械、动力、电机制造、仪表及电子等工业。

下面举一些例子来说明它的应用范围和特点。

1. 电子束焊接1英寸厚不锈钢，热影响部分仅为一般焊接方法的1/25。因有焊接得深且热影响区少的

优点，故应用于加工喷气式飞机的机翼，比一般焊接法重量轻1/4，同时强度大大提高。

2. 可以焊接难熔金属，如钨、铌等；活泼金属，如钛、锆等；不同熔点、不同硬度的异种金属，如铜和不锈钢，钢和硬质合金，铬镍和钼的焊接。这些，如用一般焊接方法往往难以完成。

3. 可用于薄件的焊接，如波纹管、膜盒等以及厚度仅50微米的薄膜和丝材；也可用于厚件的焊接，如200毫米的钢板焊接。

4. 焊接汽车变速齿轮，将整个部件分为两个单一的齿轮进行加工，然后将两部分拼焊起来，不但降低了加工工时，也缩短了齿轮的间隙，缩小了齿轮箱体积。

5. 焊接双金属带锯条，锯齿部分为优质高速钢，其余部分为廉价合金钢，拼焊成的锯条韧性好、成本大为降低、寿命长。

6. 很深的空穴中焊接，用一般方法焊枪无法伸入，而用电子束则简单易行，且性能好。

7. 许多具有某特性的材料，如恒弹精密合金钢，用其它方法焊接，均不能保证其恒弹性能，只有用电子束焊接；不锈钢在一般焊接时，由于焊接加热，在结晶颗粒处炭被析出，耐腐蚀性能降低，用电子束焊，经受高温时间短，上述现象几乎不发生，焊缝仍与母材一样具有较强的耐腐蚀性。

随着电子束焊接技术的不断发展，电子束焊机从高真空型发展到低真空型和非真空型。低真空型即焊接工作室真空度低（ 10^{-1} — 10^{-2} 托），它具有抽气速度快、生产效率高、抽气设备简单、维护方便等优点，适用于大批量生产的工件。非真空焊接的优点是工件大小不受真空工作室的限制，且焊机本身可做得较轻巧、可以移动，适合于焊接大型部件，但需解决将电子束引出至大气的技术问题。这三种类型的电子束焊机各有其特点，均处于发展之中，视用途不同可以互为补充。除上述发展外，还要求发展造价低廉、运行可靠、基本功能齐全的通用型电子束焊机，以利于普及；同时要发展专用机，以适应于全自动化生产的要求。对于提高电子束焊机的功率，也是今后的重要课题。目前能一次焊接200毫米以上超厚钢板的100千瓦电子束焊机已有正式产品，有的国家正研制更大功率的焊机。

现在世界上运行的电子束焊机已超过2000台，估计今后还会迅速增加，这标志着电子束焊接工艺具有无可置疑的优越性。