

【正交试验】

合理优化螺柱焊 焊接参数的正交试验



试验以 ST5×14.2 螺柱焊为研究对象，采用正交试验设计方法科学地安排试验过程，用较少的实验次数得到尽可能多的实验结果，通过分析各因素对螺柱焊焊接质量的影响，方便地得到螺柱焊的最佳工艺参数。

文 / 马丽丽·奇瑞汽车股份有限公司

“正交试验法”是一种多因素试验比较有效的数学方法。它利用正交表“均衡分散”和“整齐可比”的正交性原理，从大量试验点中，安排质量具有代表性、典型性的试验点。目的是减少试验的盲目性和试验次数，准确、迅速地找到最佳点。

螺柱焊在汽车工业中以其快速、可靠、操作简便、成本低等优点得到广泛的应用，主要用于轿车生产，一辆轿车一般要焊 100 个以上的螺柱，而高档轿车约有 200 个左右。螺柱主要用于轿车白车身中紧固和固定汽车制动系统、仪表板、冷却系统、电气布线、车身衬里、装饰板条、座椅和地毯等。螺柱焊接是指在螺柱的端面与另一板状工件之间利用电弧热使之熔化并施加压力完成连接的焊接方法，螺柱焊焊接过程是螺柱端部与工件表面之间产生稳定的电弧过程，电弧作为热源在工件上形成熔池，同时螺柱端被加热形成熔化层，在压力（弹簧等机械压力）作用下将螺柱端部浸入熔池，并将液态金属全部

表 1 三因素三水平		
焊接电流 /A	焊接时间 /ms	焊接电压 /V
540	20	20
580	28	28
620	36	36

表 2 正交试验条件及测试结果				
NO.	焊接电流 /A	焊接时间 /ms	焊接电压 /V	不合格焊接螺柱数量 / 颗
1	540	36	36	0
2	540	28	28	1
3	540	20	20	5
4	580	36	28	1
5	580	28	20	1
6	580	20	36	3
7	620	36	20	0
8	620	28	36	1
9	620	20	28	0
K1	6	1	4	
K2	5	3	2	
K3	1	8	6	
R1	2.00	0.33	1.33	
R2	1.67	1.00	0.67	
R3	0.33	2.67	2.00	
极差	1.67	2.34	1.33	

或部分挤出接头之外，从而形成再结晶的塑性连接或再结晶与重结晶混合连接接头。

在螺柱焊焊接过程中，焊接电流、焊接时间、电弧电压等因素是影响螺柱焊焊接质量的重要因素，而每种因素对螺柱焊虚焊影响的重要程度，以及变化的规

律，是我们需要认真了解的。因此有必要通过试验，优化螺柱焊参数，提高螺柱焊的质量。

实验步骤

如果取焊接电流、焊接时间和电弧电压三个因素，每个因素各取三个不同的值（即三个水

平),按均匀搭配安排试验点,就需进行 27 次试验。若按正交试验安排试验点则仅需要 9 次。下面就利用正交表 L9(33) (见表 1) 安排试验点。

其他固定试验条件为:

1. 焊机使用德国埃姆哈特的 TPM1000/4.00.12 Tucker 螺柱焊机。

2. 焊枪为半自动焊枪 PK650。

3. ST5×14.2 的螺柱 54 个,螺柱表面镀铜。

4. 100mm×400mm×1.0mm 的冷轧低碳钢板件(DC01)9 副。

其他固定参数为:先导电流 30A;先导电流时间 30ms;提升高度 1.2mm;下落时间 12ms;螺柱的伸出长度 3mm。

实验及结果

每组试验选用了 6 颗螺柱,焊接后用导筒扳手对每组焊接好的螺柱进行检验。试验结果见表 2。

其中 K_i 、 R_i 分别为各水平的不合格焊接螺柱数量和平均值。各因素对焊接质量的影响详见图 1、图 2 和图 3。

从表 1 和表 2 中可以看到影响螺柱焊接质量的因素,其中影响最大的是焊接时间,其次是焊接电流,最后是电弧电压。

直观分析表明,较佳的焊接工艺参数为:焊接电流 620A,焊接时间 36ms,电弧电压 28V。

但此试验条件在上述试验中并未出现,是正交性原理提示,它将是一个好的试验点。从表 2 的试验结果看,由于焊接参数不同,同样条件同种板件、同种螺柱的不合格焊接螺柱数量可以从

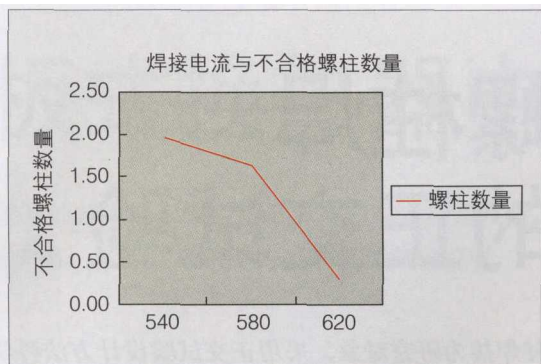


图1 焊接电流 - 不合格焊接螺柱

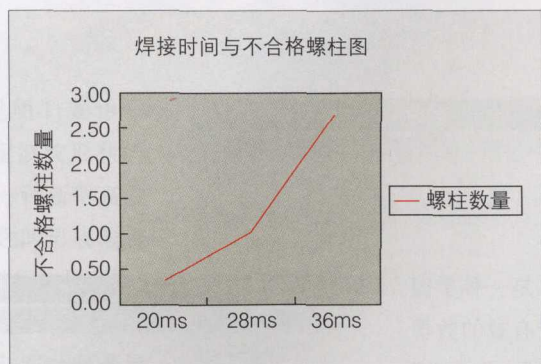


图2 焊接时间 - 不合格焊接螺柱

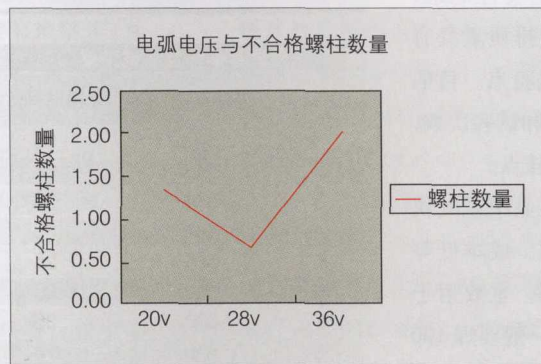


图3 电弧电压 - 不合格焊接螺柱

1 号试验的 0 颗到 6 号试验的 5 颗之间变化,相差达到了 5 颗。可见焊接参数对螺柱焊接质量的重要影响。因此有必要对焊接参数进行筛选。

实验分析

根据上述试验情况以及试验提示的三种工艺参数对螺柱焊虚焊的影响规律,对螺柱焊机理做如下分析:

电弧螺柱焊与电弧焊一样,作为热源的焊接电弧其功率大小

由电弧电压、焊接电流及燃弧时间(焊接时间)三者的乘积所决定。电弧螺柱焊规范参数的选择就是对这三个参数的确定。电弧电压与焊接电流的关系是由焊接电源的静外特性决定的。电弧电压主要取决于提升高度和焊接电流,其值一般为 20~40V。螺柱焊接条件的选择就只剩下焊接电流与焊接时间的乘积。所以电流与时间的组合对焊接质量的影响很大,这种组合有一定的灵活性。

从图 1、图 2 和图 3 中可以清晰地看到,随着焊接电流的增大和焊接时间的延长,不合格焊接螺柱数量明显减少。而随着电弧电压的增大不合格焊接螺柱数量出现了一个最少点,然后数量剧增。虽然不合格焊接螺柱数量随着焊接电流的增大和焊接时间的延长而减少,但不是焊接电流越大、焊接时间越长,螺柱焊的质量越好,当焊接电流、焊接时间增大到达到一定值后就会出现烧螺柱现象,反而影响螺柱焊的强度。所以螺柱焊的焊接电流、焊接时间需要一个好的组合才能保证螺柱焊的质量且达到强度要求。

在焊接实践中,除了上述焊接工艺参数外,螺柱的直径、螺柱伸出长度、板件和螺柱的表面状态等,都会对螺柱焊的质量有一定程度的影响。

结语

1. 通过利用正交试验可以得出焊接时间是影响螺柱焊接质量的重要因素。

2. 正交试验是参数优化的一种好方法。[MM]