

电阻点焊的可靠性控制

李双吉

(西安航天发动机厂, 陕西 西安 710100)

摘 要: 为了提高生产点焊工艺中焊点焊接质量可靠性, 提出了优化焊点质量的途径和方法, 确定了合理的质量保证措施。通过全过程质量控制的方法对焊接质量加以有效的保证, 并对焊接过程进行分析和监控, 确定外界因素对焊点质量的影响大小, 制定改进措施, 采用可靠性工程技术进行辅助分析, 提高点焊产品的焊接质量。

关键词: 可靠性工程技术; 点焊; 焊接间隙; 焊接质量

中图分类号: TG47

文献标识码: A

文章编号: (2008) 02-0045-04

Reliability control of the resistance welding spot

Li Shuangji

(Xi'an Space Engine Factory, Xi'an 710100, China)

Abstract: In order to increase the reliability of resistance welding spot, the approach and methods were proposed. The reasonable measure for assuring welding spot quality were adopted. The reliability engineering technique assistance analysis was adopted, eg. the whole course of the welding was monitored and analyzed for welding quality control. The outside factor effects affecting the welding spot quality were determined, the mending measures were then taken. Therefore, the resistance welding spot reliability was increased.

Key words: reliability engineering technique; spot welding; jointing clearance; jointing quality

1 引言

可靠性作为产品质量组成部分日益受到重

视, 其地位越来越突出^[1]。20 世纪 60 年代, 电子工业部门进行了可靠性工程技术的开拓性工作。20 世纪 80 年代我国颁布了可靠性工程技术标准和管理规定, 在现代武器装备、火箭卫星等大型

收稿日期: 2007-01-30; 修回日期: 2008-03-20。

作者简介: 李双吉 (1981—), 男, 助理工程师, 研究领域为焊接工艺。

系统的研制中全面推行可靠性工程技术,使我国的工程可靠性工作进入规范化的轨道,并得到迅速的发展^[2]。

电阻点焊以其低成本,易实现高速自动化生产的特点,在现代工业制造中得到了广泛的应用。在点焊件生产过程中,易受众多偶然因素的干扰,要彻底杜绝生产中个别接头质量的降低、废品的出现还存在着较大的困难。焊点的质量直接影响着焊接结构的可靠性,航天产品对质量可靠性的要求更高。因此,将可靠性工程技术应用于提高焊点质量上,对于提高液体火箭发动机生产中点焊产品的可靠性起着重要的作用。

针对电阻点焊产品生产中遇到的一些实际问题,采用可靠性工程技术进行辅助分析,并制定出相应的措施,最终提高了焊点焊接质量可靠性。

2 焊点形成全过程应用可靠性工程

2.1 焊接全过程质量监控

在焊点形成全过程的应用可靠性工程主要针对焊点形成全过程进行质量监控,即对焊接全过程进行监督和检验。在实际生产中,主要从以下几个方面加以控制。

(1) 制定合理的参数是实行全过程监控的基础。参数主要包括:焊接电流、焊接压力、焊接时间、预压时间以及电极端头直径等参数;对于复杂材料的点焊,还包括一些焊前预热及焊后热处理的参数等。通常采用点焊试验去验证参数的正确性和可靠性。并根据焊点外观目视检查与破坏性检查的结果对参数进行及时的调整。

具体过程为:在焊接试片的过程中发现问题后,立即停止试验对问题进行分析,并采取相应的改进措施(一般是修改焊接参数)。之后,再点焊试片,验证参数的合理性。随着试验时间的增加和次数的增加,焊点的可靠性也随之逐渐增长。

同时,在此过程中,可以引入可靠性增长试验的方法来暴露选定的参数的薄弱环节及不足之处,从而使实际生产中焊点质量的可靠性更高。

例如:模拟焊接电压发生微变或焊接间隙发生变化的情况下,考察焊点质量变化的情况,从而制定出更可靠的焊接参数。通常可以选用边试验边改进的纠正故障方式,在这种方式下,随着试验时间的增加, $R(t)$ 为一平滑曲线(如图1)。

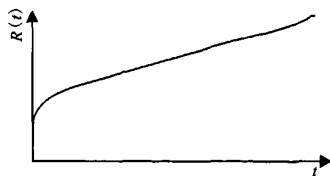


图1 可靠性增长试验

Fig.1 Reliability growth test

(2) 根据实际情况,在开始点焊前对已制定好的参数进行微调,主要根据焊点外观目视检查与破坏性检查的结果对参数进行及时的调整。

(3) 在整批产品点焊过程中,通过前、中、后至少三次的点焊试片进行抽查来确定熔核尺寸。

(4) 焊接过程参数的监控主要从如下两个方面进行:一方面查看设备反馈回来的实际焊接过程的参数;另外随时根据试片情况,对焊接参数进行微量的调节。

(5) 加强对焊接设备的维护与保养。

(6) 加强对外界因素的控制。外界因素主要指:冷却水压、水流量、气压、电网电压以及产品的表面状态等,这些因素对点焊质量有着重要的影响。在实际生产中,产品的表面状态和电网电压对点焊质量的影响尤为严重。

2.2 表面状态及电网电压对点焊过程影响

2.2.1 表面状态的影响

当焊件表面存在油污、较厚的氧化膜等时常会造成点焊过程出现如图2焊点熔核边缘存在的气孔、图3未焊透等诸多缺陷。气孔主要影响产品的疲劳寿命,在疲劳载荷作用下,焊点很快会发生破坏。而由焊件表面的氧化膜导致焊点出现未焊透,会大幅降低焊点剪切强度。对于未焊透,无法在外观上用目视检查检查出问题,必须采用破坏性检查才能检查出来,因此在生产过程中应对焊件进行严格的表面清理工作。

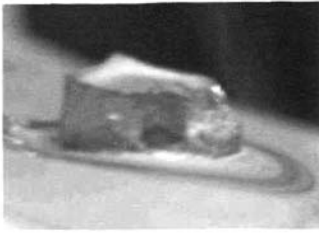


图 2 熔核边存在气孔的焊点

Fig.2 Welding spot with stoma in fuse nucleus

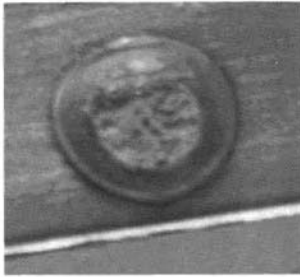


图 3 焊点未焊透

Fig.3 Spot not fully welded

2.2.2 电网电压的影响

在生产中，由于网压的波动，导致在导通角不变的前提下，如图 4 所示焊接电流发生明显的变化，严重时将会导致出现未焊透及其他缺陷。

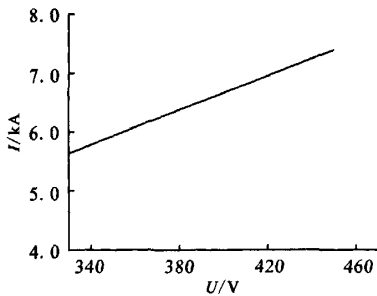


图 4 电源电压与点焊电流的关系

Fig.4 Relationship between the voltage of the power supply and current of the spot welding

3 点焊过程的可靠性影响因素

实际生产中，焊件间装配间隙对焊点质量有着较大的影响。下面将分析以它对焊点质量的影

响，可靠性工程技术在控制点焊过程的重要因素方面的应用。

3.1 装配间隙对焊点质量的影响

在点焊过程中，焊件间装配间隙过大会造成焊点压痕过深、飞溅过大等很多问题。

3.1.1 压痕过深产生的原因

间隙过大，在点焊过程中，个别点先接触，局部电流密度过大而出现早期熔化，此时塑性环尚未完全形成，熔核核心缺少塑性环的保护，引起焊点飞溅，造成熔核部分金属量减少，在焊接压力的作用下，焊点易形成压痕过深。

还有一些其他因素也会造成焊点压痕过深，主要包括：

(1) 电流过大，造成对焊件的热输入过高，加热速率太高，在一定的焊接压力的作用下，易造成金属过热、飞溅及压痕过深等问题^[4]。

(2) 点焊过程中，焊接压力、焊接电流有一个适当的配合，这个配合是以不产生飞溅为主要特征的。压力过大导致塑性环过宽，焊接质量不稳定。严重时产生压痕过深^[9]。

(3) 表面质量不好对压痕深度的影响与间隙过大对压痕深度的影响原因大致相同。

采用故障模式、影响分析 (FMEA)，分析出上述每种因素可能造成的后果及划分相应的严酷类别后，采用定性的危害性分析 (CA) 可以发现：焊件间因刚性过大等原因的造成装配间隙不匀为本系统中危害最高的故障模式，是造成压痕过深的主要原因。进行了一系列的点焊试验，求证装配间隙过大而造成焊点压痕过深对焊点强度的影响程度。

3.1.2 压痕过深产生与焊点强度的关系

通过一系列的试验，得到了图 5 所示压痕深度与剪切强度的关系。从图 5 可以看出，随着压痕深度少量的增加，焊点的剪切强度微量上升，在深度 0.25mm 左右时，焊点的剪切强度最高。随着压痕深度的继续增加，过深的压痕导致，剪切强度迅速下降。

对焊点进行分析可以发现，当焊点压痕深度增加到 0.25mm 之前时，虽然焊点剪切强度有所增加，但因压痕过深产生的引力集中而大幅降低

工件承受动载荷的性能, 故应该避免压痕过深。

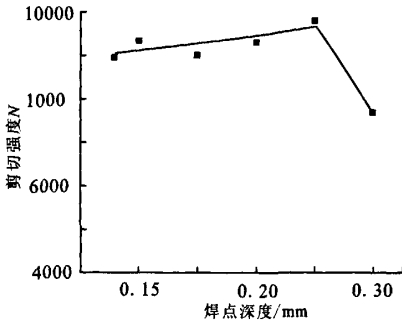


图 5 焊点压痕深度与剪切强度的关系

Fig.5 Relationship between the cut intensity and impress depth of the spot welding

避免压痕过深的措施主要有: 调整规范, 尽量采用较硬的规范 (大电流、短时间); 加强电极冷却, 降低焊件表面温度; 改变零件的装配情况, 减小焊接间隙等。

3.2 装配间隙过大与焊接飞溅的关系

3.2.1 飞溅产生的原因

按产生部位可分为内飞溅 (产生于两焊件间) 和外飞溅 (产生于焊件与电极接触面间) 两种。对生产中实际的情况而言, 主要为内飞溅 (见图 6 产品熔核撕开后见到的飞溅)。



图 6 焊点中的飞溅

Fig.6 Splash in the welding spot

飞溅按其产生的时期, 可分为前期和后期两种。前期飞溅产生的主要原因为: 焊件表面清理不好或接触面上压力分布不均匀, 造成局部电流密度过高而引起早期熔化, 此时塑性环尚未形成。缺少了塑性环的保护, 焊接过程易产生飞溅。后期飞溅产生的原因是: 熔化核心长大过度, 超出电极压力的有效作用范围, 从而冲破塑

性环在径向造成内飞溅, 在轴向冲破焊件表面造成外飞溅。

3.2.2 影响飞溅大小的主要因素

(1) 点焊规范不合理。电流过大、焊接时间过长以及电流上升速率太快等都会使焊件在点焊过程中产生飞溅。

(2) 产品装配间隙不合理。装配间隙不合理造成焊接面接触不好, 最终产生大量的内飞溅。采用定性的分析可以发现: 在实际生产中, 装配间隙过大是造成飞溅的主要原因。因而改善装配间隙可以减小飞溅、提高系统的可靠性。对于因焊接型面不好而造成的过大的装配间隙, 可以采用增加焊前预热等措施来改善焊接面间的接触程度, 从而达到减小焊接飞溅的目的。

4 结论

由于电阻点焊过程的复杂性和特殊性, 造成焊点质量的不确定性。可以采用可靠性工程技术对电焊过程进行分析和监控, 主要通过全过程质量控制的方法对焊接质量加以有效的保证, 提高产品的可靠性。一些外界因素也对焊点质量有较大的影响, 在确定影响程度及制定改进措施时, 可采用可靠性工程技术进行辅助分析。通过在点焊生产全过程以及对易变因素的影响采用可靠性工程的方法进行辅助分析, 较好地提高了点焊产品质量的可靠性。

参考文献:

- [1] 金碧辉. 系统可靠性工程 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [2] 贾海滨, 刘玉存. 武器装备系统可靠性浅析[J]. 机械管理开发. 2006, (1): 51-54.
- [3] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册, 第 1 卷, 焊接方法及设备[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [4] 朱熹华. 压力焊[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [5] 朱正行, 严向敏, 王敏. 电阻焊技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

(编辑: 侯 早)