

金属蜂窝真空钎焊件的超声波检测

石 剑, 吕 健

(中国南方航空工业有限责任公司, 株洲 412002)

摘 要:针对金属蜂窝真空钎焊件的工艺及结构特点, 探讨了利用超声波法对其质量进行检测的可行性和可靠性。在分析影响超声波检测的主要因素的同时, 提出了相应的控制方法。可靠性验证结果表明, 选择合适的仪器设备及检测参数, 采用正确的评定方法, 超声波所测结果能较准确的反映零件的钎焊质量。

关键词:金属蜂窝; 真空钎焊; 超声波检测

中图分类号: TG115. 28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2007)07-0392-03

Ultrasonic Testing of Vacuum Braze Welding Metal Honeycomb Part

SHI Jian, LV Jian

(National South Aeroengine Co. Ltd., Zhuzhou 412002, China)

Abstract: According to the technology and configuration of the vacuum braze welding metal honeycomb parts, the technique of ultrasonic inspection for them was studied. Through analysing the factors to affecting the inspection result, corresponding control means was put forwards. Reliability experiment was shown that braze welding quality could be known exactly by ultrasonic inspection when proper device, parameter and evaluation method were selected.

Keywords: Metal honeycomb; Vacuum braze welding; Ultrasonic inspection

随着我国航空发动机制造工艺技术的不断提高, 金属蜂窝真空钎焊件在新开发研制的机型中被大量采用。近年来, 许多航空发动机公司在新机研制及发动机改进改型中均运用了该类零件。由于金属蜂窝真空钎焊件是由金属蜂窝与承力板单面真空钎焊而成, 其钎焊质量直接影响其使用性能。检测蜂窝件钎焊质量的方法很多, 有氟利昂渗透法、渗漏法和超声波检测法等。但每种方法均有其局限性。根据金属蜂窝钎焊件的工艺特点, 结合生产的工艺性及投资成本, 笔者认为, 超声波检测法是较为合适的一种检验金属蜂窝真空钎焊件质量的无损检测方法, 并就金属蜂窝真空钎焊件超声波检测的可行性和可靠性进行了试验分析。

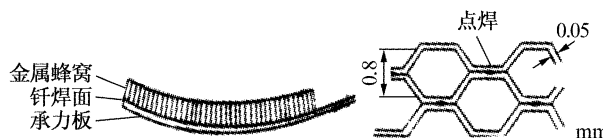
收稿日期: 2006-11-23

作者简介: 石 剑(1969—), 男, 高级工程师, 从事超声波检测工作。

1 金属蜂窝真空钎焊件结构及工艺

1.1 焊件结构及钎料

金属蜂窝真空钎焊件是由金属蜂窝(材料为 Hastelloy X)与单面承力板(高温合金)钎焊而成, 其结构见图 1。



(a) 金属蜂窝真空钎焊件 (b) 金属蜂窝格子尺寸

图 1 金属蜂窝真空焊件结构图

金属蜂窝真空钎焊采用粘带钎料, 即用粘合剂将 BNi82CrSiB 粉末粘合后压成薄片。

1.2 钎焊工艺

真空钎焊是在真空环境中, 在一定的温度和压力下, 利用熔化的填充金属(钎料)将加热的固体金

属连接在一起。焊接过程中固体金属不发生熔化,其结合是依靠被焊金属与钎料间的原子扩散而成。

钎焊工艺为:金属蜂窝及承力板预处理→将粘带钎料滚压入金属蜂窝芯格→用点焊将金属蜂窝定位在承力板上→用工夹具定位→真空炉中加温加压。

2 超声波检测的可行性分析

因工艺原因,金属蜂窝真空钎焊件可能出现未焊合或钎料层存在疏松等缺陷。由于未焊合缺陷是面积型缺陷,而超声波检测对面积型缺陷较敏感,因此较适用于检验蜂窝真空钎焊件的质量。

2.1 金属蜂窝真空钎焊件超声波检测原理

图2为金属蜂窝真空钎焊件超声波检测示意图。检测时,超声波从零件的承力板面入射。当超声波在承力板中传播到底面时,若承力板与金属蜂窝焊接良好,则一部分超声波将穿过钎料(厚度约0.4 mm)继续向蜂窝中传播,因而在承力板底面处的反射回波较小;若承力板与金属蜂窝未焊合,则大部分声波将在承力板底面处反射回来。因此,只要监测承力板厚度深度处的超声回波幅度,就能判断焊接质量的好坏。

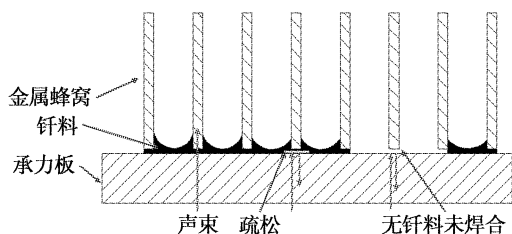


图2 金属蜂窝真空钎焊件超声波检测示意图

2.2 影响检测的主要因素及其控制

(1) 分辨率 由于金属蜂窝的壁厚非常薄(0.05 mm),故对超声检测系统的横向分辨率要求较高;同时,当承力板的壁厚较薄时(最小为1.5 mm),又要求其纵向分辨率较好,因此可考虑使用较高检测频率、小焦点聚焦探头进行检测,以保证检测的精度。

(2) 穿透力 当承力板的壁厚较厚,且材料对超声波衰减较大时,若采用太高的检测频率,可能造成超声波的穿透力不够。所以分辨率与穿透力是相互矛盾的,应结合被检零件的具体情况综合考虑,再确定检测方案与技术参数。

(3) 承力板的影响 承力板可由锻件加工而成,也可直接铸造成型。从加工方便的角度考虑,设

计常采用铸件承力板。由于铸件组织的不均匀,当超声波穿过承力板时,其对超声波的衰减程度不同,使得同一承力板的不同部位的底面回波幅度相差很大,这种差异将会与因焊接质量不同造成的底面回波幅度的差异叠加在一起,影响检测结果的评判。因此在观察C扫描检测结果时,应结合铸件承力板回波幅度和影像成像的特点,综合评定。

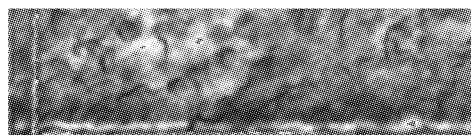
总之,在检测过程中应选择合适的检测条件(包括仪器、探头和检测参数等),同时采用正确的评定方法,方能保证检测质量的可靠。

3 超声波检测的可靠性试验

3.1 试验条件的选择

(1) 试验件 试验件有铸件、锻件承力板以及承力板分别为铸件和锻件的金属蜂窝真空钎焊件。

(2) 仪器设备 考虑到金属蜂窝的尺寸非常小(壁厚0.05 mm,宽0.8 mm),为确保试验的准确,采用两套不同的水浸超声检测系统,一套为NIPSCAN超声扫查系统+USIP20超声探伤仪组合(分辨率较高),另一套为MINISCAN超声扫查系统+Sonic138超声探伤仪组合(分辨率较低),对同一零件进行对比试验,结果见图3。



(a) MINISCAN+Sonic138 组合

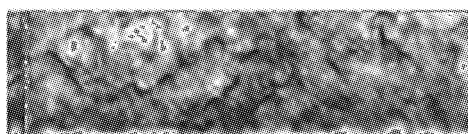


(b) NIPSCAN+USIP20 组合

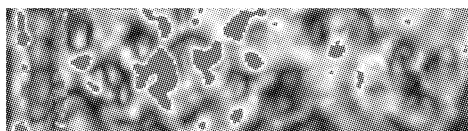
图3 不同水浸超声检测系统的检测C扫描图

由图3可见,由于NIPSCAN超声扫查系统及USIP20超声探伤仪组合的分辨率较高,检测C扫描图更加清晰,因此宜使用该套检测系统。

(3) 探头 超声波的分辨率与探头的焦点尺寸密切相关,因此选用I3-1008-R-2.5"(焦点尺寸为1.08 mm)和HGE5827A-3.5"(焦点尺寸为1.58 mm)两种探头,对同一零件进行对比试验,结果见图4。可见,I3-1008-R-2.5"探头由于焦点尺寸较小,用其检测金属蜂窝真空钎焊件时,可清晰地分辨出蜂窝的影像。



(a) I3-1008-R-2.5"探头

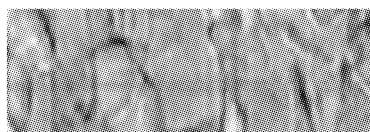


(b) HGE5827A-3.5"探头

图4 不同探头的检测C扫描图

3.2 试验结果

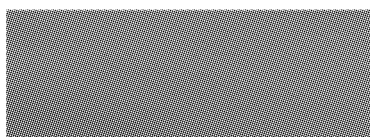
(1) 未焊接金属蜂窝承力板的检测 对数十件铸件及锻件承力板进行超声波扫描,分别记录其底波幅度。铸件C扫描图的影像有晶粒较粗大和晶粒较细两种形态(图5a和b),这是由于铸件组织不均匀对超声波的衰减差异形成的;而锻件材质较均匀,对超声波的衰减也较一致(图5c)。



(a) 晶粒较粗大的铸件



(b) 晶粒较细的铸件



(c) 锻件

图5 不同承力板的检测C扫描图

(2) 金属蜂窝真空钎焊件的检测 分别对承力板为铸件和锻件的金属蜂窝真空钎焊件进行超声波检测,其典型的C扫描图见图6和图7。由图可见,当焊接质量差时,只能看到承力板的影像;而焊接质量较好时,可清晰地观察到叠加在承力板影像上的蜂窝格子的影像。

3.3 检测结果的评定

根据金属蜂窝真空钎焊件超声波检测的原理可



(a) 较粗晶粒铸件



(b) 较细晶粒铸件

图6 不同粗细晶粒铸件承力板的金属蜂窝真空钎焊件的C扫描图

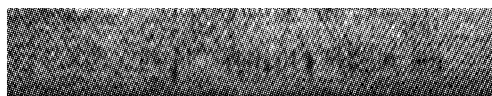


图7 锻件承力板的金属蜂窝真空钎焊件的C扫描图

知,当承力板与蜂窝壁焊接较好时,在蜂窝壁焊接处的超声回波较低;而蜂窝格子中心处的超声回波为承力板的底面反射波,相对较高。因此,在C扫描图上,蜂窝壁和蜂窝格子中心形成灰度差,显示出蜂窝格子影像;如果承力板与蜂窝壁焊接不好时,在蜂窝壁处的超声回波与蜂窝格子中心处的回波均为承力板的底反射波,在C扫描图上就只显示出承力板本身的影像。这样,只要根据是否出现蜂窝格子影像就能判断焊接质量的好坏(图8)。

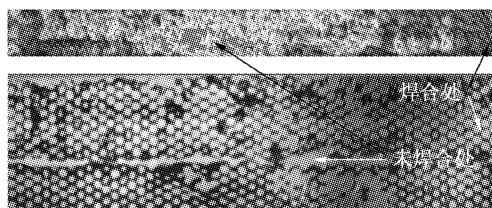


图8 典型的金属蜂窝真空钎焊件的C扫描图

4 探伤实例

某发动机涡轮外封严环经氟利昂渗透法检测,焊合率在80%以上。经超声波检测,其焊合率约为50%,C扫描结果见图9。分别对焊合和未焊合处进行金相检验,检验结果(见图10)与超声波检测结果符合性较好,可见,超声波法具有较高的可靠性。

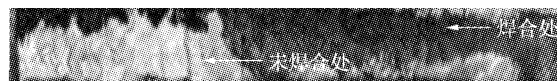


图9 超声波检测C扫描图

《钢结构超声波探伤及质量分级法》(JG/T 203—2007)将于 2007 年 11 月 1 日起实施

建设部于 2007 年 4 月 18 日发布公告:《钢结构超声波探伤及质量分级法》(JG/T 203—2007)将于 2007 年 11 月 1 日起实施,原《焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法》(JG/T 3034.1—1996)和《螺栓球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法》(JG/T 3034.2—1996)同时废止。《钢结构超声波探伤及质量分级法》包括网格钢(圆管)结构焊接接头和建筑钢(平板)结构两大类节点型式的超声波探伤及质量分级法。JG/T 203—2007 标准与 JG/T 3034.1—1996 和 JG/T 3034.2—1996 标准相比主要修订以下内容:

(1) 表 11 至表 19 为修订版新增补的内容(新标准中的 9.5~9.9 节)。

(2) 增加了圆管 T(X), K 和 Y 相贯节点焊接接头缺陷评定和质量分级(新标准中的 7 和 9.5 节)。

(3) 依据 GB/T 11345—1989《钢焊缝手工超声

波探伤方法和探伤结果的分级》,扩充了检测板厚下限适用范围;增加了钢板、锻件、铸钢件的评定和质量分级(新标准中的 6.4~6.7, 8, 9.6~9.9 节)。

(4) 补充了焊接接头检测比例,遵循 GB 50205《钢结构工程施工质量验收规范》强制性条文和 GB 50202《建筑地基基础工程施工质量验收规范》,以确保探伤的检测质量(新标准中的 6.4.2, 6.4.15 节)。

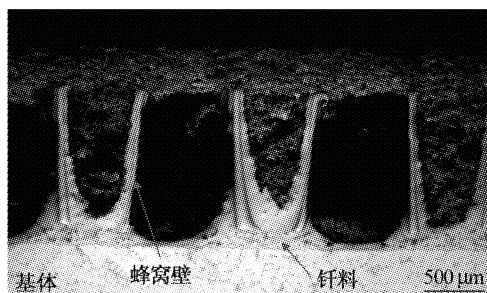
(5) 根据国际惯例,只用探头在钢中的折射角,取消了 K 值的提法(新标准中的 4.4, 6.2 节)。

(6) 关于 DAC 曲线,补充了壁厚 8 mm 以下画一直线的方法,便于现场使用(新标准中的 6.3.3 节)。

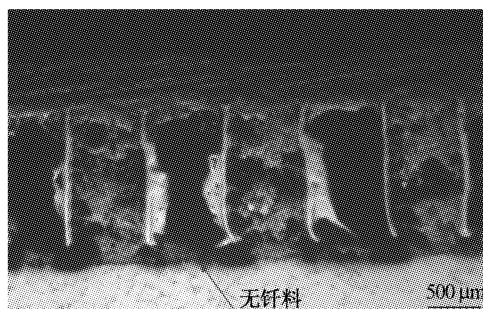
(7) 在检测技术监督方面,规定了关于建立健全技术档案的内容(新标准中的 11.1~11.4 节)。

新标准中的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 是规范性附录,附录 G 是资料性附录。

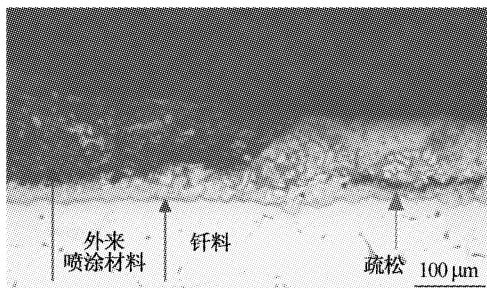
(周在杞)



(a) 焊接处(钎料在蜂窝壁上爬升)



(c) 未焊接处(蜂窝与承力板之间无钎料)



(b) 未焊接处(钎料层存在疏松)

图 10 金相解剖图

5 结论

(1) 用超声波检测法对金属蜂窝真空钎焊件进行检测是可行且可靠的。

(2) 在运用超声波检测金属蜂窝真空钎焊件时,应注意传动设备、仪器及检测附件、参数的搭配,以达到最佳检测效果。