

试验研究

铝合金试件裂纹深度渗透检测试验研究

马艳华, 周月红, 李宏远

(北京材料及工艺研究所, 北京 100076)

摘 要: 针对铝合金平板材料和铝合金焊缝, 采用不同的手段进行表面裂纹深度测试研究。通过大量检测试验和解剖, 得出统计规律数据, 从而得到裂纹长度、宽度与深度之间的对照表, 对裂纹深度的评估有一定的参考价值。

关键词: 渗透检验; 铝合金平板; 焊缝; 裂纹深度

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2002)12-0532-02

TEST RESEARCH ON CRACK DEPTH EVALUATION OF ALUMINUM ALLOY PARTS BY PENETRANT TESTING

MA Yan-hua, ZHOU Yue-hong, LI Hong-yuan

(Beijing Research Institute of Materials and Technology, Beijing 100076, China)

Abstract: The depths of the surface cracks on aluminum alloy plates and welds were tested by penetrant testing. Statistic data were obtained by tests and dissections and the relationships between crack length, width and depth were given as a reference for crack depth evaluation.

Keywords: Penetrant testing; Aluminum alloy plate; Weld; Crack depth

目前, 表面探伤越来越受到人们的重视^[1], 检测指标不再仅局限于裂纹的长度和宽度, 而且更关心裂纹的深度, 但深度测量一直是渗透探伤的一个盲点。这里, 仅就铝合金平板材料裂纹和铝合金焊缝裂纹深度渗透检测方法作一试验研究。

1 渗透剂的选择

通过对 BC-1 型、SM-3R 型、DPT-3 型和 BC-A 型等多种渗透探伤剂进行灵敏度、腐蚀和去除性等试验后, 选定 BC-A 型着色渗透探伤剂。

2 裂纹深度试验研究及裂纹评估

2.1 LD10 铝合金平板材料表面裂纹深度试验

2.1.1 试片制作

加工长 100mm、宽 50mm、高 3mm 的 LD10 铝合金试片两块。两试片均用电火花线切割加工开口宽度为 0.2mm 的狭槽, 模拟裂纹的宽度。在每块试片上加工不同深度的六条线槽, 深度依次为 2,

1.5, 1.0, 0.75, 0.5 和 0.3mm, 以此来模拟裂纹的不同深度。

2.1.2 试片检测

用 BC-A 型渗透剂在 LD10 铝合金试片上试验, 发现不同深度的线槽, 着色显示的扩延程度不同。深度为 2mm 的扩延最大, 0.3mm 的线槽几乎没有显示。这表明当裂纹的长度一定时, 着色显示的扩延宽度与裂纹深度有关。裂纹越深, 显示的扩延越宽。然而, 这毕竟只是一个宏观估计, 要想定量裂纹的深度, 可以使用 505G 裂纹测深仪。

2.1.3 试片模拟裂纹深度测量试验

调整 505G 裂纹测深仪的灵敏度^[2,3], 对两试片进行测定, 探头在每条线槽上测出仪器读数表中对应深度读数, 共计五次, 取平均值。其中一片的测量数据列于表 1。

采用最小二乘法 $y=a+bx$, 将所测数据输入计算机中, 算出截距 a 、斜率 b 和准确率 r 。这里将表 1 数据输入, 即可算出 $a=0.083\ 173$, $b=0.264\ 71$, $r=0.997\ 1$, 方程为 $y=0.083\ 173+0.264\ 71x$, 其中

收稿日期: 2001-10-04

表 1 LD10 铝合金试片上的测试数据 mm

次序	六种深度线槽的测试值					
	0.3	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
1	0.75	1.5	2.35	3.75	5.25	7.25
2	0.75	1.5	2.5	3.75	5.5	7.25
3	0.75	1.5	2.5	3.75	5.5	6.75
4	0.75	1.5	2.5	3.75	5.5	6.75
5	0.75	1.5	2.5	3.75	5.5	7.1
平均值	0.75	1.5	2.45	3.75	5.5	7.02

x 为裂纹测深仪上的刻度值, y 为所测深度值。

当检测其它 LD10 铝合金试件时,在与人工试片裂纹测深相同灵敏度的前提下读取刻度表值,经计算,即可得裂纹实际深度。或者用人工试片裂纹实际深度和读数表上测得的数据画出回归曲线,对照该曲线,也可获得所测裂纹的实际深度。表 1 所得曲线见图 1。

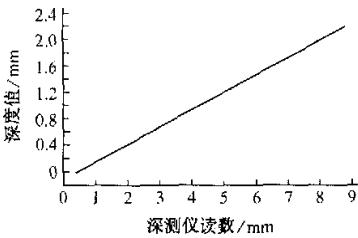


图 1

使用裂纹测深仪可对铝合金平滑表面上的裂纹进行测深,而对焊缝上的裂纹则无法准确测量。

2.2 铝合金焊接试验件检测试验

对 50 个铝合金贮箱焊接试验件进行多次渗透检测,共检测出 20 条裂纹。由于贮箱为手工焊接,故焊缝裂纹显示较为明显,最长一条为断续显示,总长达 10mm,最短一条为 2.5mm,显示宽度一般在 0.5~1.5mm 之间。取其中 3 条裂纹进行解剖试验,结果见表 2。

表 2 焊接试件裂纹深度解剖结果 mm

显示长度	显示宽度	解剖深度	显示长度	显示宽度	解剖深度
3.5	0.8~1	0.5~1.8	6	0.6~1	0.5~1
2.5	0.8	0.5			

由于焊缝裂纹比平板裂纹情况复杂得多,仅凭这几条裂纹还不能找出裂纹深度与长度和宽度之间的关系。因此,要想对焊缝裂纹作出深度范围的要求,还必须进行大量的检测、解剖,找出规律,确定深

度范围。

2.3 LD10 铝合金贮箱焊缝检测情况

LD10 铝合金贮箱焊缝为机器自动焊接而成,焊缝表面平滑、整齐,焊缝高度均匀。多年来,对这种贮箱进行实际检测,不断积累、总结,现将一些典型裂纹显示列于表 3。将表 3 数据进行统计和归纳,结果见表 4。

表 3 贮箱焊缝裂纹深度解剖结果 mm

序号	显示长度	显示宽度	解剖深度
1	4	0.6~1.0	0.2~0.6
2	6	0.1~0.5	0.05~0.1
3	2.5	0.3~0.5	0.05~0.1
4	5	0.2~0.5	0.05~0.1
5	6	0.6~1.0	0.2~0.8
6	7	0.2~0.5	0.05~0.1
7	4.5	0.2~0.5	0.05~0.1
8	3	0.2~0.5	0.05~0.1
9	5	0.2~0.5	0.05~0.1
10	3	≤0.1	0.05
11	4	0.2~0.5	0.05~0.1
12	3	0.1~0.5	0.05~0.1
13	1.5	≤0.1	0.05
14	4	0.2~0.5	0.05~0.08
15	1	≤0.1	0.05
16	4	0.2~0.5	0.05~0.1
17	2	0.2~0.5	0.05~0.1
18	6	0.6~1.5	0.5~1.0
19	3	0.2~0.5	0.05~0.1
20	2	0.2~0.5	0.05~0.1
21	8	0.2~0.5	0.05~0.5
22	4	≤0.1	0.05
23	4	0.2~0.5	0.05~0.1
24	4	0.2~0.5	0.05~0.08

表 4 裂纹显示长度、宽度、深度对照表 mm

显示长度	显示宽度	深度范围	显示长度	显示宽度	深度范围
	≤0.1	≤0.05		≤0.1	≤0.05
1~4	0.2~0.5	0.05~0.1	5~10	0.2~0.5	0.05~0.1
	0.6~1.0	0.2~0.5		0.6~1.0	0.5~1.0
	1.5~2.0	≥1.0		1.5~2	≥1.5

3 结束语

平板裂纹和焊缝裂纹显示深度的研究,分别提
(下转第 545 页)

$$L_{\text{eff}} = L_3' + \Delta L = 754 + 36.6 = 791$$

重复检验区为图中阴影部分。

2 2α 角按有效评定长度对应的圆心角计算

如图 2 所示, O 为环缝圆心, R 为环缝外半径, r 为环缝内半径, P 为射线源, F 为透照焦距, η 为满足 K 值要求的最大有效半辐射角, 最大辐射角 η 边缘辐射线交圆筒内壁于 A, B 两点, 交外壁于 A', B' 两点上, 连接 OA' 和 OB' 交圆筒内壁于 C 和 D , 连接 PC 和 PD 并延长分别交于外壁 C' 和 D' 点上, θ 为满足 K 值要求的最大失真角, α 为 $\widehat{A'B'}$ 所对应的半圆心角, $\alpha = \eta - \theta$, $\triangle OAP$ 中, 根据正弦定理有

$$\frac{R}{\sin \eta} = \frac{R - F}{\sin \theta}$$

即

$$\eta = \sin^{-1} \frac{R \sin \theta}{R - F}$$

最少曝光次数 $N = 180^\circ / \alpha$ 。

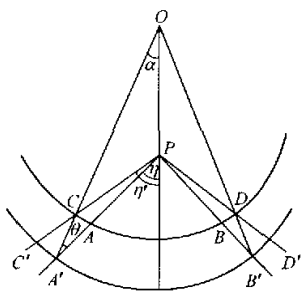


图 2

例如对与第 1 节相同条件的圆筒环缝进行计算, 则

$$\eta = \sin^{-1} \frac{R \sin \theta}{R - F} = \sin^{-1} \frac{1200 \sin 24.6^\circ}{1200 - 500} = 45.53^\circ$$

$$\alpha = \eta - \theta = 45.53^\circ - 24.6^\circ = 20.93^\circ$$

$$N = \frac{180}{\alpha} = 8.6 \approx 9$$

一次透照长度等于内等分长度, 即图中 \widehat{CD}

$$L_3 = \frac{\pi D_i}{N} = \frac{2320\pi}{9} \approx 810 \text{ mm}$$

内等分点摆放搭接标记。搭接长度

(上接第 533 页)

供了不同情况下裂纹深度的评估, 对裂纹深度渗透检测有一定作用。由于试验数量有限, 并且是在特定条件下针对特定产品完成的, 所以裂纹显示长度、宽度和深度对照表的使用具有一定的局限性, 如要扩大使用范围, 尚待作深入广泛研究。

$$\Delta L = 2T \lg \theta = 2 \times 40 \lg 24.6 = 36.6$$

外等分长度

$$L_3' = \frac{\pi D_o}{N} = \frac{2400\pi}{9} \approx 838 \text{ mm}$$

底片有效评定长度

$$L_{\text{eff}} = L_3' + \Delta L = 838 + 36.6 = 875 \text{ mm}$$

该算法是错误的, 原因是 η 已大于最大有效半辐射角 η 。使 $CC' > AA'$, $CC'/T > 1.1$; $DD' > BB'$, $DD'/T > 1.1$ 。不符合标准对环缝 $K \geq 1.1$ 的规定, \widehat{CA} , \widehat{BD} 虽有影像, 但因超过 K 值的规定, 属于评定无效区。

假如底片上的有效评定长度等于外等分长度, 则搭接标记应放在胶片侧的外等分点上。这样不符合标准规定(搭接标记应放在射线源侧), 并产生漏检区(图 3 阴影部分), 底片评定无意义。这主要是 α 角计算错误造成的。

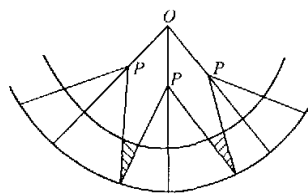


图 3

3 讨论及结论

在实际探伤中, 首先根据板厚与射线机能量正确选择焦距, 如第 1 节中, 焦距确定为 500 mm, α 角就确定下来 (19°), 最少曝光次数也就确定下来 (10 次), 一次透照长度就完全固定下来 (728.5 mm), 再根据一次透照长度选定射线机, 如 3005 周向 X 射线机。如按第 2 节计算 α 角, 焦距仍为 500 mm, 曝光次数为 9 次, 真实的总检验长度为 $728.5 \times 9 = 6556.5 \text{ mm}$, 圆筒内周长为 7285 mm, 则 728.5 mm 为漏检长度。

所以, 环缝偏心内透 $F < R$ 时, α 角应按一次透照长度所对应的圆心角计算, 而不能按有效评定长度所对应的圆心角计算。

参考文献:

- [1] GJB 354.4, 无损检测质量控制规范 渗透检验[S].
- [2] LSY-1 型裂纹深度测定仪[J]. 无损检测, 1986, 8(10): 274-277.
- [3] 宁海四通检测仪器公司. NH-505G 型裂纹测深仪[Z].