

文章编号:1000-6893(2008)04-0873-07

飞机日历寿命试验的介质成分确定和加速方法

张福泽¹, 叶序彬², 宋钧², 郭洪全², 阎勇¹

(1. 北京航空工程技术研究中心, 北京 100076)

(2. 北京航空材料研究院, 北京 100095)

Corrosion Medium Composition and Accelerated Corrosion Method of Aircraft Calendar Life Test

Zhang Fuze¹, Ye Xubin², Song Jun², Guo Hongquan², Yan Yong¹

(1. Beijing Aeronautical Technology Research Center, Beijing 100076, China)

(2. Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

摘要: 针对飞机使用环境,研究了飞机日历寿命试验中的腐蚀介质成分确定方法和加速方法。进行了 5 °C, 25 °C, 50 °C 这 3 种温度和 4 种介质浓度下的 30CrMnSiA 结构钢和 LY12CZ 铝合金两种金属的纯腐蚀和腐蚀疲劳试验研究。得到的试验曲线表明,它们的腐蚀动力学规律都近似遵循线性关系,每条曲线的腐蚀速度也基本保持不变。从而认为,飞机日历寿命试验介质成分最好选用飞机所在机场使用环境的各腐蚀介质成分,加速腐蚀试验的最好方法,就是在此机场的各介质成分上加权,加权越高,加速越快。这个结论得到了试验验证。

关键词: 材料失效与保护; 腐蚀疲劳; 加速腐蚀试验方法; 日历寿命

中图分类号: V216.5 **文献标识码:** A

Abstract: For the environment of the aircraft in use, the method of the corrosion medium composition and accelerated corrosion are studied. At 5 °C, 25 °C and 50 °C separately, under four kinds of corrosion medium concentration, corrosion tests and corrosion fatigue tests of 30CrMnSiA steel and LY12CZ aluminum alloy are studied. The test curves show that the corrosion kinetics rules of them have followed linear relationship approximately and the corrosion rate of each cure basically remains unchanged. Thereby, we think that the corrosion medium composition of the environment in aerodrome is the best choice to aircraft calendar life test and the best mean of accelerated corrosion test is multiplying the corrosion medium composition of the environment in aerodrome, as the multiple become larger, the rate of corrosion is quicker. This conclusion is approved in this article.

Key words: expiration and protect of material; corrosion fatigue; accelerated corrosion test; calendar life

众所周知,飞机日历寿命确定是需要进行加速腐蚀试验的^[1],但这种试验如何确定腐蚀介质成分和如何加速,目前国内外尚没有一种公认的规范方法。由于飞机使用环境复杂,影响日历寿命的腐蚀介质成分也很多,怎样把这些复杂环境下的腐蚀介质在飞机日历寿命试验中,能合理体现出来是需要解决的问题。目前国内外常用的方法,是把上述复杂环境下的诸多腐蚀介质成分,简化成很少的几种介质成分,或用其他少数介质成分代替,进行日历寿命试验^[1-10]。工程上进行简化处理是必要的,但这种简化不仅把许多腐蚀介质成分忽略掉了,而且各介质成分在腐蚀中的相互作用都无法体现。在这种简化的介质成分基础上,人为的进行加速试验,这种加速试验的结果,对飞机日历寿命的可靠性是不得而知的。为了探

讨一种更接近机场环境而又便于应用的飞机日历寿命加速试验介质确定方法和加速试验方法,本文进行了如下试验研究和分析。

1 腐蚀试验研究

1.1 腐蚀试验范围和目的

本试验范围仅限于 30CrMnSiA 结构钢和 LY12CZ 铝合金的纯腐蚀和腐蚀疲劳试验。这些试验的介质是海南陵水机场腐蚀介质成分,加速方法是在该机场全部介质成分基础上进行加权。以加权的腐蚀介质进行加速试验,最后用回归分析方法检验试验结果的腐蚀损伤的动力学规律,从而给出日历寿命试验的介质成分确定方法和加速试验方法。

1.2 试样

(1) 试样的基本力学性能见表 1。

表 1 30CrMnSiA 结构钢、LY12CZ 铝合金基本力学性能
Table 1 Basic mechanical properties of 30CrMnSiA steel and LY12CZ aluminium alloys

材料	E/GPa	σ_b/MPa	$\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	$\delta_5/\%$
30CrMnSiA	—	1 130.7	1 056.7	13.4
LY12CZ	65.7	362.3	470.7	19.5

(2) 纯腐蚀试样

采用平行试样,尺寸 $50\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ ($L-W-B$),6 面均为试验面。试样的长度方向与板材的纵向(L)相同。30CrMnSiA 结构钢和 LY12CZ 铝合金试样各 144 件。

(3) 腐蚀疲劳试样

如图 1 所示,30CrMnSiA 结构钢和 LY12CZ 铝合金试样各 96 件。

1.3 试验温度

试验温度选择模拟海南陵水机场一年四季的温度,根据海航提供的海南陵水机场环境温度调

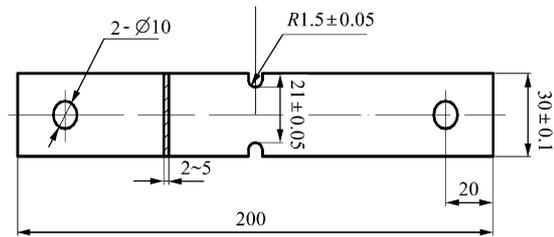


图 1 腐蚀疲劳试样图($K_t=3$)

Fig. 1 Corrosion fatigue specimen

研报告,把试验温度定为 $5\text{ }^\circ\text{C}$, $25\text{ }^\circ\text{C}$, $50\text{ }^\circ\text{C}$ 这 3 种温度。

1.4 试验溶液浓度

为了研究不同腐蚀介质浓度下的腐蚀和腐蚀疲劳性能,本研究的加速介质是在海南陵水机场介质基础上加权,增加浓度 10 倍、50 倍、90 倍和 130 倍,依次以溶液 A, B, C, D 命名。各浓度溶液的配制比例见表 2。

表 2 试验腐蚀溶液中各成分含量

Table 2 Content of test corrosion solution corrosion medium composition

名称	浓度加重比例/倍	pH	$\text{H}_2\text{SO}_4(98\%)/(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\text{HNO}_3(67\%)/(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\text{NaCl}/(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$
陵水环境	1	—	0.046	0.041	2.27
溶液 A	10	2.0	0.460	0.410	22.70
溶液 B	50	1.5	2.300	2.050	113.50
溶液 C	90	1.0	4.140	3.690	204.30
溶液 D	130	0.5	5.980	5.330	295.10

1.5 试验过程

(1) 腐蚀疲劳试验

试验选取 $5\text{ }^\circ\text{C}$, $25\text{ }^\circ\text{C}$, $50\text{ }^\circ\text{C}$ 这 3 种温度和 A, B, C, D 这 4 种浓度共 12 个节点。每个节点取 30CrMnSiA 结构钢、LY12CZ 铝合金试样 8 片进行预腐蚀,然后进行疲劳试验,疲劳试验过程中,2 片试样做断,其余 6 片做两个谱块疲劳试验后,继续腐蚀,如此依次循环下去,直至所有试样都疲劳断裂。疲劳试验采用 J5 飞机随机谱进行。

(2) 纯腐蚀试验

纯腐蚀试验的温度、溶液浓度与腐蚀时间均与腐蚀疲劳试验中的腐蚀试验环节相同。

2 试验结果和动力学分析

2.1 腐蚀测量与数据处理

腐蚀试验后,按照 HB5257-83 方法对

30CrMnSiA 结构钢和 LY12CZ 铝合金清除腐蚀产物。然后用 JJ200 电子天平测量 30CrMnSiA 钢试样腐蚀后的质量,通过腐蚀前后试样质量差得出钢的腐蚀量;LY12CZ 铝合金试验件沿宽度方向锯断,打磨平整,在每个试样断口上用 JSM-5600LV 型扫描电镜测出最深的 3 个腐蚀深度作为铝合金的腐蚀量。

依据试验结果绘出 30CrMnSiA 结构钢和 LY12CZ 铝合金的腐蚀疲劳性能曲线以及两种材料在纯腐蚀环境下的腐蚀损伤曲线,将纯腐蚀与在疲劳作用下的腐蚀损伤曲线进行对比研究。

2.2 30CrMnSiA 结构钢纯腐蚀试验结果和动力学分析

(1) 在 $5\text{ }^\circ\text{C}$ 和 A, B, C, D 4 种溶液纯腐蚀下的平均单位面积腐蚀失重 D' 与时间 H' 的试验数据(表 3)、曲线(图 2)和动力学分析。

表 3 在 5 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 纯腐蚀试验的单位面积平均失重

Table 3 30CrMnSiA corrosion average loss of gravity unit area at 5 °C and four kinds of concentration solution

		单位面积平均失重/(g · m ⁻²)			
腐蚀时间/h		119.83	263.83	335.83	407.83
腐蚀溶液	A	7.14	16.68	21.43	33.32
	B	26.18	51.18	70.25	94.05
	C	36.79	79.75	108.33	146.43
	D	53.57	130.69	152.39	236.89

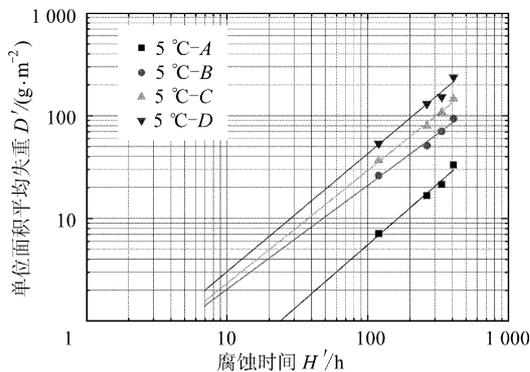


图 2 在 5 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 纯腐蚀试验的 D'-H' 曲线

Fig. 2 30CrMnSiA corrosion D'-H' curves at 5 °C and four kinds of concentration solution

选取经验公式 $\lg Y = b \lg X + \lg a$ (即 $Y = a \cdot X^b$, Y 代表单位面积平均失重 D' , X 代表腐蚀时间 H') 对表 3 腐蚀试验数据进行回归分析可得出,在 5 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下的单位面积腐蚀失重 D' 对数值随腐蚀时间 H' 对数的线性关系,即

溶液 A(10 倍): $\lg D'_A = 1.1919 \lg H'_A + \lg 0.02296$,
 即 $D'_A = 0.02296 H'_A^{1.1919}$, $R = 0.9893$;
 溶液 B(50 倍): $\lg D'_B = 1.0115 \lg H'_B + \lg 0.1995$,
 即 $D'_B = 0.1995 H'_B^{1.0115}$, $R = 0.9917$;
 溶液 C(90 倍): $\lg D'_C = 1.0985 \lg H'_C + \lg 0.1864$,
 即 $D'_C = 0.1864 H'_C^{1.0985}$, $R = 0.9954$;
 溶液 D(130 倍): $\lg D'_D = 1.1479 \lg H'_D + \lg 0.2164$,
 即 $D'_D = 0.2164 H'_D^{1.1479}$, $R = 0.9895$ 。

(2) 在 25 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液纯腐蚀下的平均单位面积腐蚀失重 D' 与腐蚀时间 H' 的试验数据(表 4)、曲线(图 3)和动力学分析。

表 4 在 25 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 纯腐蚀试验的单位面积平均失重

Table 3 30CrMnSiA corrosion average loss of gravity unit area at 25 °C and four kinds of concentration solution

		单位面积平均失重/(g · m ⁻²)			
腐蚀时间/h		95.33	239.33	311.33	383.33
腐蚀溶液	A	7.14	14.29	25.00	35.71
	B	19.05	41.96	63.11	94.64
	C	26.79	90.18	107.14	131.25
	D	50	124.11	169.04	—

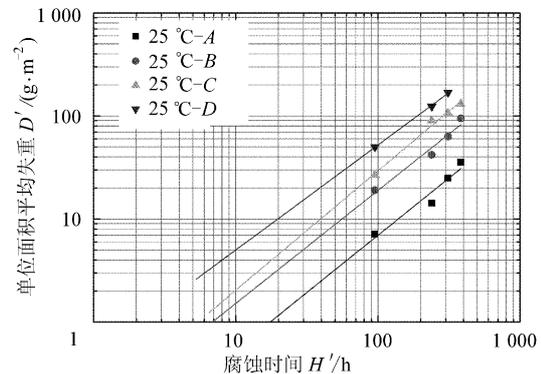


图 3 在 25 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 纯腐蚀试验的 D'-H' 曲线

Fig. 3 30CrMnSiA corrosion D'-H' curves at 25 °C and four kinds of concentration solution

对表 4 腐蚀试验数据进行回归分析可得出,在 25 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下的单位面积腐蚀失重 D' 对数随腐蚀时间 H' 对数的线性关系,即

溶液 A(10 倍): $\lg D'_A = 1.1097 \lg H'_A + \lg 0.04191$,
 即 $D'_A = 0.04191 H'_A^{1.1097}$, $R = 0.9694$;
 溶液 B(50 倍): $\lg D'_B = 1.0954 \lg H'_B + \lg 0.1219$,
 即 $D'_B = 0.1219 H'_B^{1.0954}$, $R = 0.9822$;
 溶液 C(90 倍): $\lg D'_C = 1.1581 \lg H'_C + \lg 0.1416$,
 即 $D'_C = 0.1416 H'_C^{1.1581}$, $R = 0.9942$;
 溶液 D(130 倍): $\lg D'_D = 1.0184 \lg H'_D + \lg 0.4799$,
 即 $D'_D = 0.4799 H'_D^{1.0184}$, $R = 0.9994$;

(3) 在 50 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液纯腐蚀下的平均单位面积腐蚀失重 D' 与腐蚀时间 H' 的试验数据(表 5)、曲线(图 4)和动力学分析。

对表 5 腐蚀试验数据进行回归分析可得出,在 50 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下的单位面积腐蚀失重 D' 对数随腐蚀时间 H' 对数的线性关系,即

表 5 在 50 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 纯腐蚀试验的单位面积平均失重

Table 5 30CrMnSiA corrosion average loss of gravity unit area at 50 °C and four kinds of concentration solution

		单位面积平均失重/(g·m ⁻²)			
腐蚀时间/h		216	287	382.5	454.5
腐 蚀 溶 液	A	33.33	42.86	50.00	83.33
	B	52.38	72.61	97.61	213.10
	C	100.0	135.71	198.81	445.76
	D	153.57	185.71	289.29	542.86

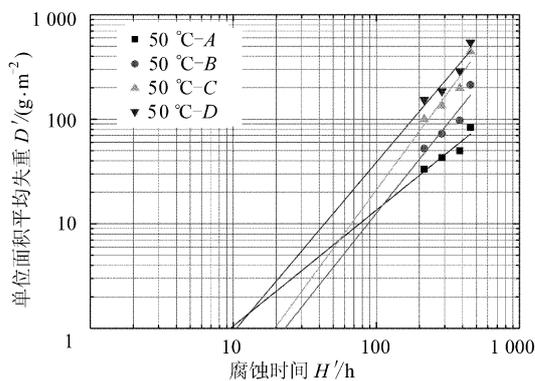


图 4 在 50 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 纯腐蚀试验的 D'-H' 曲线

Fig. 4 30CrMnSiA corrosion D'-H' curves at 50 °C and four kinds of concentration solution

溶液 A(10 倍): $\lg D'_A = 1.1079 \lg H'_A + \lg 0.00822$,
即 $D'_A = 0.0082 H'_A^{1.1079}$, $R = 0.9374$;

溶液 B(50 倍): $\lg D'_B = 1.7184 \lg H'_B + \lg 0.00462$,
即 $D'_B = 0.00462 H'_B^{1.7184}$, $R = 0.9370$;

溶液 C(90 倍): $\lg D'_C = 1.8585 \lg H'_C + \lg 0.00406$,
即 $D'_C = 0.00406 H'_C^{1.8585}$, $R = 0.9409$;

溶液 D(130 倍): $\lg D'_D = 1.6228 \lg H'_D + \lg 0.022$,
即 $D'_D = 0.022 H'_D^{1.6228}$, $R = 0.9466$;

从上述 3 组纯腐蚀试验数据(表 3~表 5)和它们的线性分析,可以看出,在 5 °C, 25 °C, 50 °C 和 A, B, C, D 4 种腐蚀溶液下的平均单位面积腐蚀失重对数随腐蚀时间对数的线性相关性是显著的。这说明在不同温度下,用 A, B, C, D 4 种腐蚀溶液进行腐蚀试验,它们的腐蚀动力学规律近似遵循线性关系,每条曲线的腐蚀速度基本保持不变。反过来说,用机场腐蚀介质成分加权的 A, B, C, D 4 种腐蚀溶液可以作为腐蚀溶液进行试验。

2.3 30CrMnSiA 结构钢腐蚀疲劳试验结果和腐蚀动力学分析

(1) 在 5 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下进行腐蚀疲劳试验,它的平均单位面积腐蚀失重 D' 随腐蚀时间 H' 试验数据(表 6)、曲线(图 5)和腐蚀动力学分析。

表 6 在 5 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 腐蚀疲劳试验的单位面积平均失重

Table 6 30CrMnSiA corrosion fatigue average loss of gravity unit area at 5 °C and four kinds of concentration solution

		单位面积平均失重/(g·m ⁻²)			
腐蚀时间/h		119.83	263.83	335.83	407.83
腐 蚀 溶 液	A	6.36	16.78	35.86	85.53
	B	44.40	93.75	120.18	148.68
	C	51.83	123.68	129.28	160.53
	D	72.70	166.84	185.96	236.18

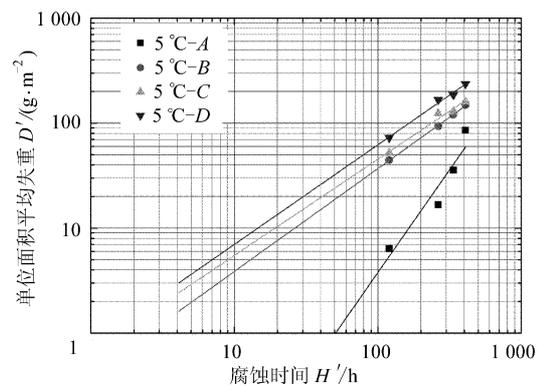


图 5 在 5 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 腐蚀疲劳试验的 D'-H' 曲线图

Fig. 5 30CrMnSiA corrosion fatigue D'-H' curves at 5 °C and four kinds of concentration solution

对表 6 腐蚀试验数据进行回归分析可得出,在 5 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下的平均单位面积腐蚀疲劳失重 D' 对数随腐蚀时间 H' 对数的线性关系,即

溶液 A(10 倍): $\lg D'_A = 1.9572 \lg H'_A + \lg 0.000046$,
即 $D'_A = 0.000046 H'_A^{1.9572}$, $R = 0.9519$;

溶液 B(50 倍): $\lg D'_B = 0.9792 \lg H'_B + \lg 0.0041$,
即 $D'_B = 0.0041 H'_B^{0.9792}$, $R = 0.9996$;

溶液 C(90 倍): $\lg D'_C = 0.9161 \lg H'_C + \lg 0.0067$,
即 $D'_C = 0.0067 H'_C^{0.9161}$, $R = 0.9875$;

溶液 D(130 倍): $\lg D'_D = 0.948 1 \lg H'_D + \lg 0.007 9$,
 即 $D'_D = 0.007 91 H'_D^{0.948 1}$, $R = 0.995 2$;

(2) 在 25 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下进行腐蚀疲劳试验, 它的平均单位面积腐蚀失重 D' 随腐蚀时间 H' 试验数据(表 7)、曲线(图 6)和腐蚀动力学分析。

表 7 在 25 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 腐蚀疲劳试验的单位面积平均失重

Table 7 30CrMnSiA corrosion fatigue average loss of gravity unit area at 25 °C and 4 kinds of concentration solution

		单位面积平均失重/(g·m ⁻²)			
腐蚀时间/h		95.331	239.331	311.33	383.33
腐蚀溶液	A	7.89	28.29	37.83	92.11
	B	69.74	184.21	282.89	417.11
	C	110.26	250.00	—	—
	D	144.26	330.26	—	—

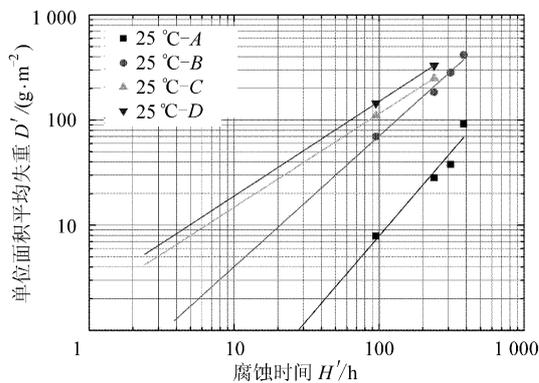


图 6 在 25 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 腐蚀疲劳试验的 D' - H' 曲线图

Fig. 6 30CrMnSiA corrosion fatigue D' - H' curves at 25 °C and 4 kinds of concentration solution

对表 7 腐蚀试验数据进行回归分析可得出在 25 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下的平均单位面积腐蚀疲劳失重 D' 对数随腐蚀时间 H' 对数的线性关系, 即:

溶液 A(10 倍): $\lg D'_A = 1.608 3 \lg H'_A + \lg 0.004 8$,
 即 $D'_A = 0.004 8 H'_A^{1.608 3}$, $R = 0.971 1$;

溶液 B(50 倍): $\lg D'_B = 1.243 4 \lg H'_B + \lg 0.230 3$,
 即 $D'_B = 0.230 3 H'_B^{1.243 4}$, $R = 0.991 6$;

溶液 C(90 倍): $\lg D'_C = 0.889 3 \lg H'_C + \lg 1.915 3$,
 即 $D'_C = 1.915 3 H'_C^{0.889 3}$, $R = 0.999 9$;

溶液 D(130 倍): $\lg D'_D = 0.8998 1 \lg H'_D + \lg 2.3891$,

即 $D'_D = 2.389 1 H'_D^{0.899 8}$, $R = 0.999 9$;

(3) 在 50 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下进行腐蚀疲劳试验, 它的平均单位面积腐蚀失重 D' 随腐蚀时间 H' 试验数据(表 8)、曲线(图 7)和腐蚀动力学分析。

表 8 在 50 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 腐蚀疲劳试验的单位面积平均失重

Table 8 30CrMnSiA corrosion fatigue average loss of gravity unit area at 50 °C and four kinds of concentration solution

		单位面积平均失重/(g·m ⁻²)			
腐蚀时间/h		120	216	287	382.5
腐蚀溶液	A	28.07	51.32	73.68	96.05
	B	96.05	184.21	263.16	348.68
	C	167.11	300.0	411.84	502.63
	D	230.79	495.79	760.96	1077.63

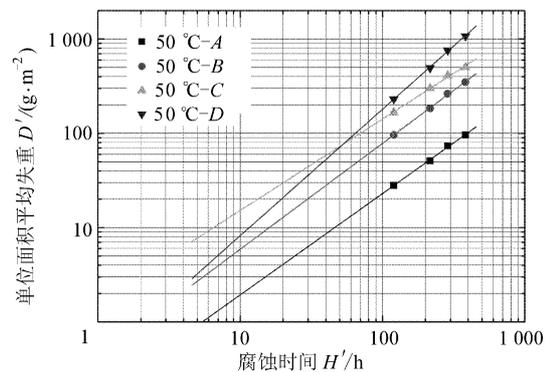


图 7 在 50 °C 和 4 种浓度下的 30CrMnSiA 腐蚀疲劳试验的 D' - H' 曲线

Fig. 7 30CrMnSiA corrosion fatigue D' - H' curves at 50 °C and four kinds of concentration solution

对表 8 腐蚀试验数据进行回归分析可得出, 在 50 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下的平均单位面积腐蚀失重 D' 对数随腐蚀时间 H' 对数的线性关系, 即

溶液 A(10 倍): $\lg D'_A = 1.078 4 \lg H'_A + \lg 0.162 9$,
 即 $D'_A = 0.162 9 H'_A^{1.074 8}$, $R = 0.999 0$;

溶液 B(50 倍): $\lg D'_B = 1.123 7 \lg H'_B + \lg 0.443 4$,
 即 $D'_B = 0.443 4 H'_B^{1.123 7}$, $R = 0.999 4$;

溶液 C(90 倍): $\lg D'_C = 1.633 5 \lg H'_C + \lg 0.969 3$,
 即 $D'_C = 0.969 3 H'_C^{1.633 5}$, $R = 0.997 6$;

溶液 D(130 倍): $\lg D'_D = 1.340 9 \lg H'_D + \lg 0.374 9$,
 即 $D'_D = 0.374 9 H'_D^{1.340 9}$, $R = 0.999 5$;

从上述 3 组腐蚀疲劳试验数据(表 6~表 8)

和它们的线性分析,同样可看出,在 5 °C, 25 °C, 50 °C 和 A, B, C, D 4 组腐蚀溶液下的平均单位面积腐蚀失重 D' 对数随腐蚀时间 H' 对数的线性关系是显著的。这说明在同一温度下,用 A, B, C, D 4 组溶液进行腐蚀疲劳试验,它们的腐蚀动力学规律近似遵循线性关系,每条曲线的腐蚀速度基本保持不变。但不同腐蚀溶液,有不同的线性曲线和不同腐蚀速度,同样可以说明,用机场腐蚀介质成分加权的 A, B, C, D 4 种腐蚀溶液是可以作为腐蚀溶液进行日历寿命试验。

2.4 LY12CZ 铝合金的纯腐蚀和腐蚀疲劳试验结果和腐蚀动力学分析

LY12CZ 铝合金的纯腐蚀试验和腐蚀疲劳试验与 30CrMnSiA 合金钢的 6 组试验是一样多的,但为了压缩本文篇幅,此处只列出和分析在 50 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下的腐蚀疲劳试验结果。这组试验数据是 LY12CZ 铝合金的纯腐蚀试验和腐蚀疲劳试验 6 组中试验条件最严重的一组,它的试验和分析结果,可以说明其他 5 组的相关情况。

LY12CZ 铝合金在 50 °C 和 4 种溶液下的腐蚀疲劳试验数据见表 9, 腐蚀损伤曲线如图 8 所示。

从 LY12CZ 铝合金腐蚀疲劳试验数据和回归分析可以看出,在 50 °C 和 A, B, C, D 4 种溶液下的腐蚀深度 L 对数随时间 H' 对数的线性分析也是显著的。它们的腐蚀动力学规律也近似遵循线性关系,腐蚀速度也基本保持不变。

表 9 在 50 °C 和 4 种浓度下的 LY12CZ 腐蚀疲劳试验的腐蚀深度

Table 9 LY12CZ corrosion fatigue pit depth at 50 °C and four kinds of concentration solution

腐蚀时间/h	腐蚀深度/ μm				
	120	216	287	382.5	
腐 蚀 溶 液	A	—	80.97	89.7	90.33
	B	—	103.73	191.41	240.49
	C	—	414.34	650.94	1 044.78
	D	509.75	873.00	939.19	—

3 结 论

通过用 3 种温度和用机场环境成分加权的 A, B, C, D 4 种浓度溶液进行的 30CrMnSiA 结构钢 3 组纯腐蚀试验曲线(图 2~图 4)、3 组腐蚀疲劳曲线(图 5~图 7)、LY12CZ 铝合金 1 组腐蚀疲

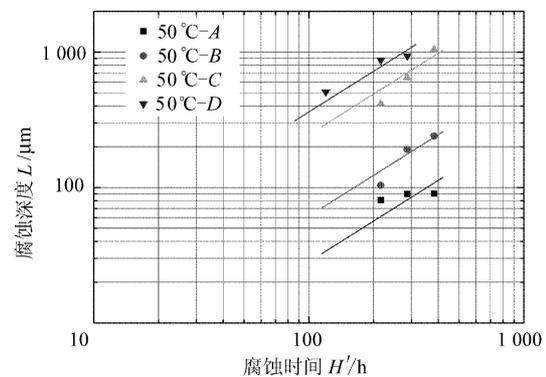


图 8 在 50 °C 和 4 种浓度下的 LY12CZ 腐蚀疲劳试验下的 $L-H'$ 曲线

Fig. 8 LY12CZ corrosion fatigue $L-H'$ curves at 50 °C and four kinds of concentration solution

劳试验曲线(图 8)和它们的回归分析,可以看出这 28 条曲线的线性关系显著,即它们的腐蚀动力学规律都近似遵循线性关系,每条曲线的腐蚀速度也基本保持不变。从而可得到如下结论:

(1) 在飞机结构日历寿命试验中,可直接用当地机场环境下的腐蚀介质作为腐蚀试验的介质。不需要人为地配制试验用的腐蚀介质。这样不仅可以简化试验,而且还可以提高飞机日历寿命试验的真实性和可靠性。

(2) 在飞机结构日历寿命试验中,加速试验可直接用当地机场环境下的腐蚀介质加权的腐蚀溶液进行加速试验加权越高,加速越快。这种加速方法已得到上述金属材料的 28 条腐蚀试验曲线所验证,是遵循腐蚀动力学规律的,因此它是一种简单而可靠的加速方法。

参 考 文 献

- [1] 刘文琰,李玉海. 飞机结构日历寿命体系评定技术[M]. 北京:航空工业出版社,2004:84-120.
Liu Wenting, Li Yuhai. Estimate technology of aircraft structure calendar life system[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2004:84-120. (in Chinese)
- [2] 李金桂. 腐蚀控制设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,2006:66-96.
Li Jingui. Corrosion control handbook for design[M]. Beijing: Chemistry Industry Press, 2006:66-96. (in Chinese)
- [3] 刘文琰,蒋冬滨. 飞机结构关键危险部位加速腐蚀试验环境谱研究[J]. 航空学报,1998,19(4):435-438.
Liu Wenting, Jiang Dongbin. Study on accelerated corrosion test environment spectrum for critical area[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 1998,19(4):435-438. (in Chinese)
- [4] 陈群志,徐晓飞,刘文琰. 飞机结构典型环境腐蚀当量关

- 系研究[J]. 航空学报, 1998,19(4):414-418.
- Chen Qunzhi, Xu Xiaofei, Liu Wenting. Investigation of corrosion equivalent relationships between the accelerated environment and the typical service environments of aircraft structures[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 1998,19(4): 414-418. (in Chinese)
- [5] 董登科, 王俊扬. 关于军用飞机服役日历年限评定用的当量环境谱[J]. 航空学报, 1998,19(4):451-455.
- Dong Dengke, Wang Junyang. Equivalent environment spectrum research on service calendar time for fighter aircraft[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 1998, 19(4): 451-455. (in Chinese)
- [6] 陈跃良, 段成美, 吕国志. 军用飞机日历寿命预测技术研究现状及关键技术问题[J]. 中国工程科学, 2002(4):69-74.
- Chen Yueliang, Duan Chengmei, Lu Guozhi. Current status and key technique of predictive technique for calendar life of military aircraft[J]. Engineering Science, 2002(4): 69-74. (in Chinese)
- [7] 刘文珽, 李玉海, 陈群志, 等. 飞机结构腐蚀部位涂层加速试验环境谱研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2002,28(1):109-112.
- Liu Wenting, Li Yuhai, Chen Qunzhi, et al. Accelerated corrosion environmental spectrums for testing surface coatings of critical areas of flight aircraft structures[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2002,28(1):109-112. (in Chinese)
- [8] 张福泽. 飞机停放日历寿命腐蚀温度谱的编制方法和相应腐蚀介质的确定[J]. 航空学报, 2001,22(4):359-361.
- Zhang Fuze. Method for drawing up corrosion temperature spectrum of aircraft calendar life and determination of respective corrosion medium[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2001,22(4):359-361. (in Chinese)
- [9] 周希沅. 飞机结构的当量环境谱与加速试验谱[J]. 航空学报, 1996,17(5):613-617.
- Zhou Xiyuan. Equity environmental spectrum and speed test spectrum for aircraft structure[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 1996,17(5):613-617. (in Chinese)
- [10] 周希沅. 中国飞机结构腐蚀分区与当量环境谱[J]. 航空学报, 1998,20(5):230-233.
- Zhou Xiyuan. Corrosion demarcation of airplane structures of china and equivalence environmental spectrum[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 1998,20(5):230-233. (in Chinese)

作者简介:

张福泽(1936—) 男,中国工程院院士。主要研究方向:飞机结构疲劳寿命,日历寿命和可靠性研究。

Tel:010-66713310

E-mail: yany03@sohu.com

(责任编辑:李铁柏)