

激光冲击提高航空铝合金抗疲劳断裂性能 的试验研究*

邓琦林 余承业 张永康 唐亚新

(南京航空航天大学五〇二教研室, 南京 210016)

提要 介绍了用于激光冲击的航空铝合金 7475T761 和 2024T62 试件。得到了这两种铝合金冲击和未冲击的拉-拉疲劳试验数据。试验数据表明,激光冲击能有效地提高航空铝合金抗疲劳断裂的性能。

关键词 激光冲击, 航空铝合金, 抗疲劳断裂

1 激光冲击试件材料及加工

试件材料为航空铝合金 7475T761 和 2024T62,其化学组成和机械性能如表 1 和表 2 所示。

Table 1 The chemical compositions of 7475T761 and 2024T62

Chemical compositions	Zn	Cr	Mg	Si	Ti	Cu	Fe	Mn	Zr+Ti	Al
7475T761	5.78	0.22	1.99	0.05	0.03	1.57	0.10	<0.03		others
2024T62	0.25	0.1	1.2~1.8	0.5	0.15	3.8~4.9	0.5	0.3~0.9	≤0.2	others

Table 2 The mechanical properties of 7475T761 and 2024T62

Mechanical properties	σ_s (MPa)		$\sigma_{0.2}$ (MPa)		δ	
	<i>L</i> *	<i>T</i> *	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>L</i>	<i>T</i>
7475T761	493	522	466	450	13.3%	15.8%
2024T62		425		340		5%

* *L* and *T* present the directions of taking samples.

试件加工方法如下:

(1) 对 7475T761 铝合金 试件由 7475T761 铝合金板材制成,经淬火、时效处理。试件加

* 航空基金和航空工业总公司(AFFD)基金资助项目。

收稿日期: 1995年1月19日; 收到修改稿日期: 1995年5月17日

工路线为粗加工试件轮廓外形→待冲击表面涂黑处理→激光冲击(光斑直径为 10 mm)→电火花线切割孔 $\phi 3$ (保持与中心光斑同心)→以 $\phi 3$ 孔为基准,精加工试件轮廓外形以保证孔 $\phi 3$ 在试件中心线上^[1];

(2) 对 2024 T62 铝合金 试件由 2024T62 铝合金板材制成,为双联疲劳试件。试件两端已钻有 $\phi 1$ 的两个小孔 A 和 B。只对其中一个小孔(比如 A)进行激光冲击。试件加工路线为待冲击表面涂黑处理→激光冲击(光斑直径为 10 mm)→A, B 两处再钻孔 $\phi 3$ 。

两种试件均采用单面冲击方式,即先冲击试件的一个表面,再转 180° 冲击另一面。每个面各冲击一次。

激光冲击试验装置由四部分组成,激光器、涂层、约束层和试件。采用钕玻璃激光器,光斑直径为 10 mm,波长为 1.06 μm ,脉冲能量为 25~30 J,脉宽为 30~50 ns。

激光冲击前,在金属表面的冲击区先涂上一层涂层,其功能是提高对激光辐射能的吸收,增大应力波峰值压力和防止金属表面熔化和气化。采用黑漆作涂层材料。

在涂层表面再覆盖一层透明材料,称之为约束层。约束层的作用是将爆炸物限制在试件表面和其之间,以进一步获得更高的表面压力。同时,约束层对金属表面处理区的残余应力的性质有着重要影响。使用约束层能在金属表面产生残余压应力,不用约束层则可能产生残余拉应力。不仅不能提高试件疲劳寿命,反而降低试件疲劳寿命^[2]。目前所用的约束层材料为熔融石英和水。

2 试验结果

将冲击过的试件在高频疲劳机上进行冲击和未冲击的拉-拉疲劳寿命对比试验。试验结果如表 3~5 所示。

Table 3 7475T761 pull-pull fatigue test data

Test pieces	Max. load (KN)	Min. load (KN)	Test frequency (Hz)	Unshocked pieces cycles	Shock pieces cycles
1	17.248	1.7248	110	430000	740000
2	17.248	1.7248	110	408000	766000

Note; The restrain layer material used in the test is water.

Table 4 2024T62 pull-pull fatigue test data

Test pieces	Max. load (KN)	Min. load (KN)	Test frequency (Hz)	Unshocked pieces cycles	Shock pieces cycles
1	5.292	0.5292	18	49200	broken
2	5.292	0.5292	18	44390	75750
3	5.292	0.5292	18	49930	92690
4	5.292	0.5292	18	51020	79650
5	5.292	0.5292	18	66520	94950

Notes: ① The restrain layer material used in the test is glass; ② The shock section of the test piece 1 was broken owing to operation mistake after the unshock section was broken.