

比例超载对铝合金圆孔薄板试件 低周拉—拉疲劳寿命的影响¹⁾

李敏华 毛天祥 周爱华 蒋怀庆

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘要 对铝合金圆孔薄板试件进行了超载和常幅的对比实验, 取六种超载比, 对每一超载比各进行了不同超载周次的实验, 从这些实验结果看出, 对每一超载比, 超载试件的疲劳寿命和常幅疲劳试件的寿命比值先是随超载周数的增加而较快的增加, 之后在一个相当大的超载周数范围内, 超载寿命比的变化不大. 当超载周数超过一定值时, 超载寿命比随超载周数的增加而略有减少. 本文的实验中, 在超载 60% 的情况下, 超载周数从 20 周到 90 周的范围内, 超载试件的平均寿命比常幅疲劳试件的寿命约高 3.5 倍.

关键词 低周疲劳、超载疲劳、疲劳寿命

1. 引言

超载对疲劳寿命的影响问题, Crews^[1] 对拉—拉疲劳的铝合金圆孔试件, 预加对称拉—拉疲劳的超载进行了实验, 超载的应力幅值为主载应力幅值的 4 倍, 9 周半的超载明显增加疲劳寿命; 10 周的超载降低疲劳寿命. Topper 等^[2] 对受对称拉—压疲劳的铝合金圆孔试件进行了周期性的压应力超载实验研究, 周期性压应力超载降低疲劳寿命. 郑修麟^[3] 讨论了超载对疲劳寿命的影响. 李敏华等^[4] 进行了铝合金圆孔薄板试件的比例超载实验, 超载增加了疲劳寿命. 李静^[5] 进行了纯铝圆孔薄板小试件的高周超载疲劳实验, 残余拉应力降低疲劳寿命, 残余压应力影响不大. 本文对受有拉—拉疲劳的圆孔薄板铝合金试件进行了六种不同超载比的实验.

2. 超载疲劳和常幅疲劳实验

疲劳实验用圆孔薄板试件, 试件材料为铝合金 LY12-CZ. 图 1(a) 给出试件的平面尺寸, 图 1(b) 为 LY12-CZ 的材料曲线. 试件厚度为 3mm(名义尺寸, 板材厚度), 实验在 MTS 实验机上进行.

1) 本课题得到自然科学基金资助.

本文于 1991 年 12 月 17 日收到第一稿, 于 1992 年 8 月 20 日收到修改稿.

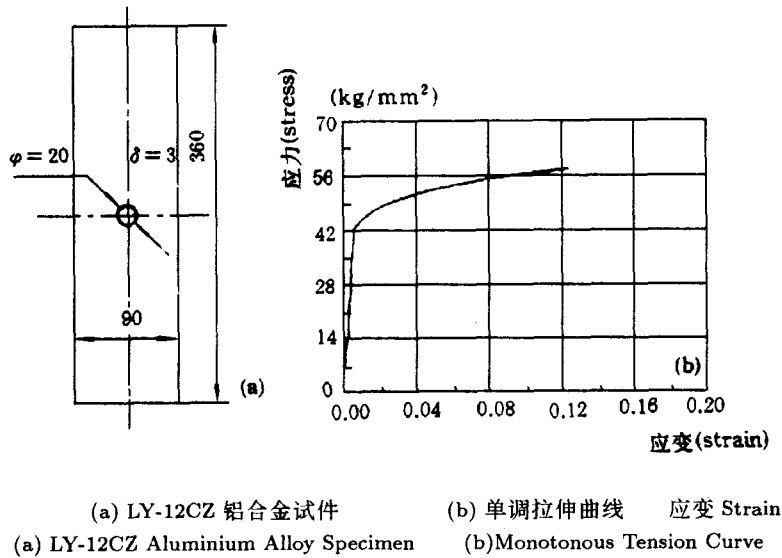


图 1 铝合金试件及材料曲线

Fig. 1 Aluminium Alloy Specimen and Tension Curve

常辐疲劳载荷为 100—4400kg, 超载实验都是先加超载疲劳 n_0 次 (n_0 为超载周次), 接着加常辐的主要载荷 100—4400kg, 直到试件断裂为止. 超载疲劳载荷的峰值和常辐疲劳的峰值之比减 1 称为超载比. 为了避免在谷值时试件弯曲, 谷值都取 100kg. 图 2 为超载疲劳的载荷谱.

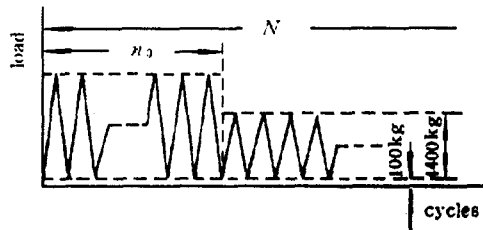


图 2 载荷谱

Fig. 2 Load Spectrum

本文进行了上述的常辐疲劳和超载比为 18.6%、34%、45.1%、55%、60% 和 65% 的超载疲劳实验. 对每一超载比进行了不同超载周次的实验.

3. 实验结果和讨论

图 3(a)、(b)、(c)、(d)、(e) 和 (f) 分别给出六种超载比 (18.6%、34%、45.1%、55%、60% 和 65%) 情况下的超载寿命比和超载周数的关系. 超载比为 18.6%、34%、45.1%、55%、60% 和 65% 的超载载荷分别为 100—5200kg、100—5860kg、100—6340kg、100—6765kg、100—6980kg 和 100—7195kg. 主要疲劳载荷 (和常辐疲劳载荷同) 为 100—4400kg.

图 3 (a), 超载比 18.6%, 不同超载周数实验的超载寿命比略高于 1. (超载疲劳试件的疲劳寿命和常辐疲劳试件的疲劳寿命的比值定义为超载寿命比) 当超载比增加时, 试件的应变集中区的塑性应变增加得很快. 考虑到在这种情况下超载周数过多, 可能造成试件的损

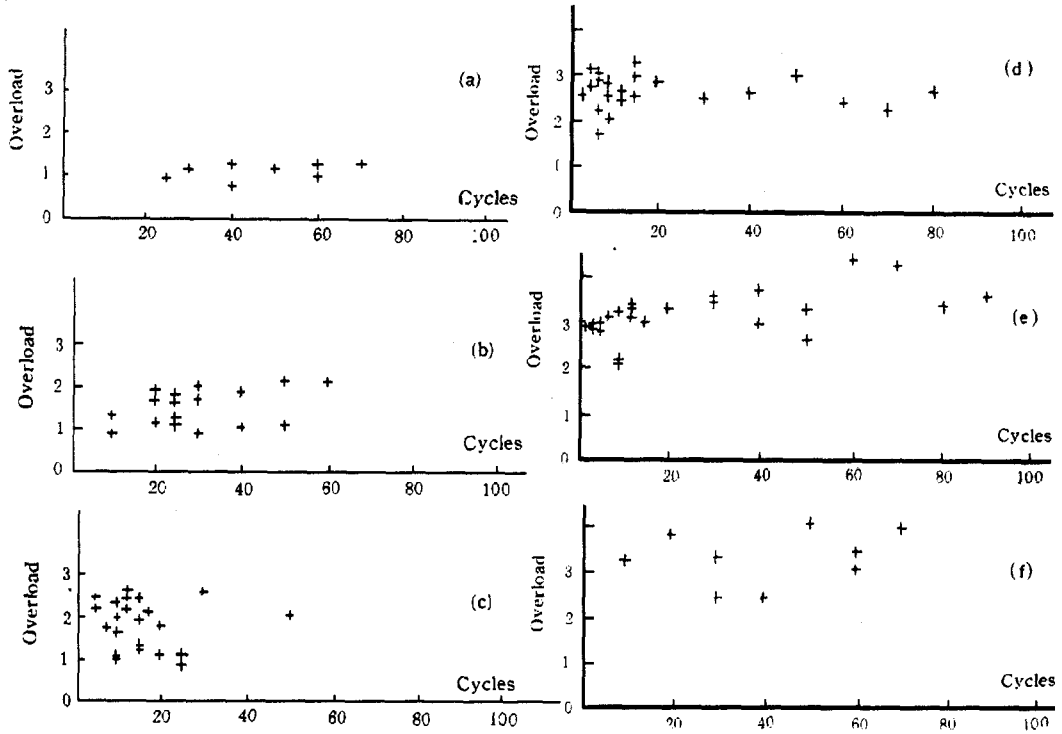


图 3 不同超载比下, 超载寿命比和超载周数的关系
疲劳主要载荷为 100—4400 公斤

Fig.3 Relation of Overload Fatigue Life Ratio and Overload Cycles Under Different Overload (Main Fatigue Load 100—4400kg)

- (a) 疲劳超载载荷为 100—5200 公斤超载 18.6%;
- (b) 疲劳超载载荷为 100—5860 公斤超载 34.0%;
- (c) 疲劳超载载荷为 100—6340 公斤超载 45.1%;
- (d) 疲劳超载载荷为 100—6765 公斤超载 55.0%;
- (e) 疲劳超载载荷为 100—6980 公斤超载 60.0%;
- (f) 疲劳超载载荷为 100—7195 公斤超载 65.0%.

- (a) Fatigue Overload 100—5200kg (18.6% Overload) Overload Fatigue Life Ratio;
- (b) Fatigue Overload 100—5860kg (34.0% Overload) Overload Fatigue Life Ratio;
- (c) Fatigue Overload 100—6340kg (45.1% Overload) Overload Fatigue Life Ratio;
- (d) Fatigue Overload 100—6765kg (55.0% Overload) Overload Fatigue Life Ratio;
- (e) Fatigue Overload 100—6980kg (60.0% Overload) Overload Fatigue Life Ratio;
- (f) Fatigue Overload 100—7195kg (65.0% Overload) Overload Fatigue Life Ratio.

伤过大, 因此在超载 34% 以上的实验, 开始时都是在超载周数较小的范围内进行实验. 超载载荷也是逐步增加, 实验所取的超载周数随着超载比的增加而略有减少. 图 3(c), 3(d), 和 3(e) 的实验都是先集中在超载周数 20 以下, 以后为了进一步看出对每一超载比, 超载寿命比随超载周期增加的变化, 逐渐增加超载周数进行实验. 后一部分的实验结果表明, 对每一超载比, 在一个相当大的超载周数范围内, 超载寿命比的变化不大. 图 3(b) 显示当超载比为 34% 时, 超载寿命比为 1—2 之间; 图 3(c) 表明超载比为 45.1% 时, 超载寿命比为

1—2.5之间;图3(d)表明超载比为55%时,超载寿命比为2—3.2;图3(e)表明超载比为60%,在超载周数20周至90周的范围,平均超载寿命比约为3.5.

从图3看出,对每一超载比,超载寿命比值先是随超载周数的增加而增加.当试件受到每一超载循环时,试件内部的滑移增加,位错运动也增加,试件的宏观现象为硬化增加.增加每一超载循环,试件的硬化也得到增加,因此对每一超载比,超载寿命比先是随超载周数的增加而较快的增加.但当试件受到一定超载循环周数时,试件开始产生损伤,在这以后增加超载循环可能将逐渐增加试件的损伤;同时,试件内晶体的滑移增加和位错运动也将同时增加.因此宏观表现为超载寿命比增加到一定比值后,在一个相当大的超载周数范围内,超载寿命比的变化不大.但当超载周数超过一定值时,损伤的影响逐渐大于硬化的影响,超载寿命比随超载周数的增加而逐渐减少.

参 考 文 献

- [1] Crews J H. ASTM STP 467 1970:37
- [2] Du Quesnoy D L, Pompetzki M A, Topper T H and M T Yu. ASTM STP 942,1988:173
- [3] 郑修麟. 机械强度, 1982,14,(2):15
- [4] 李敏华. 第三届全国疲劳学术会议文集, 1986
- [5] 李静. 力学所硕士学位论文, 1990

THE EFFECT OF PROPORTIONAL OVERLOAD ON THE LOW CYCLE TENSION-TENSION FATIGUE LIFE OF ALUMINIUM ALLOY PLATE WITH CIRCULAR HOLE

Lee Minhua, Mao Tianxiang, Zhou Aihua, Jiang Huaqing

(*Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China*)

Abstract It is presented in this paper the experimental study of low-cycle fatigue with constant amplitude and overload for aluminium alloy plate with circular hole. During the research six different over load ratios have been selected and different over load cycles have been carried out. It is concluded that for each given over load ratio, the over load fatigue life ratio (ratio of fatigue life for over loaded specimen over the fatigue life for constant amplitude specimen) increases with the increase of over load cycle at the beginning and then kept constant for a wide range of over load cycles. After the overload cycles exceed a certain number of cycles, the overload fatigue life ratio would be decreased with the increase of overload cycles.

It is also presented in the paper that the average fatigue life for overload specimen in the case of 60% overload and in the range of overload cycles from 20 cycles to 90 cycles is about 3.5 times higher than the fatigue life for specimen tested under constant amplitude fatigue.

Key words low cycle fatigue, overload fatigue, fatigue life