

确定 LY12-CZ 薄板的

禾 义¹

西安理工大学 2. 五邑大学土木建筑系, 广

性损伤模型参数的测试与标
量的变化, 进而换算得到材
损伤模型中的非线性塑性损
拟合方法确定拟合参数; 最
损伤与破坏行为进行了实验测
弧变截面试样; LY12-CZ 薄板
文. 1006-7930(2005) 04-0468-05

Model parameters for ductile CZ thin-slabs

^{1,2}, HUA G Yi¹

of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;
Wuyi Univ. Jiangmen 529020, China)

Abstract: The ductile damage and the techniques for labeling
damage mode were studied based on the experime
rough tension on the necked-in specimens by m
objective function with three related parameters wa
er-Chaboche model and a numerical iterative-fit m
the material constants. Finally, the ductile da
s were investigated analytically and experimentally
Key words: non-linear damage model, necked-in specimen, th
of aluminum alloys

ductile damage and the techniques for labeling
damage mode were studied based on the experime
rough tension on the necked-in specimens by m
objective function with three related parameters wa
er-Chaboche model and a numerical iterative-fit m
the material constants. Finally, the ductile da
s were investigated analytically and experimentally
Key words: non-linear damage model, necked-in specimen, th
of aluminum alloys

Lemaitre-Chaboche 模型理论体系
Rousselier 模型理论体系
模型)虽没有严格满足热力
疲劳及其相互作用的情况,用
损伤参数
线性塑性

是两种最
烦杂,应用
其简单方便而
行结构分析时
存在一定困
演化曲线,研

* 收稿
基
作者简介: 周 (), 男, 陕西

各向同性损伤
he 模
-C
并
伸实验
被认为可能适用于
模型参数的

的断裂应变相差不到 4%。材料的塑性断裂应变通常与应力状态有关且较小^[7]。两种试样的断裂应变基本相同, 说明两种试样在破坏部位的应力大圆弧变截面试样测试单轴塑性损伤演化曲线的方法是合理的。

表 3 两种试样的塑性断裂应变对比
Tab. 3 The comparison of plastic failure strains between

材料状态	L, b 0.8 mm	L, b 1.2 mm	T
ϵ_F (等截面)	0.163	0.165	
ϵ_F (变截面)	0.157	0.159	
相差/%	3.7	3.6	

2.3 材料的单轴塑性损伤演化曲线及其拟合方程

针对 LY12-CZ 薄板, 图 3 描述了三种材料状态在不同单轴拉伸临界值 ω_c 。选择不同目标函数对损伤变量的测试值进行回归分析, 说明严格讲损伤演化曲线是非线性的。

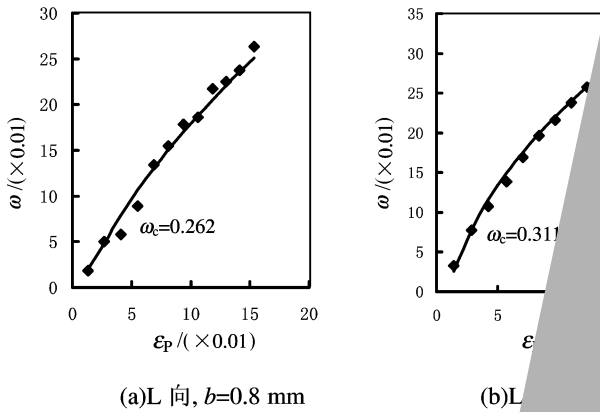


图 3 材料的塑性损伤演化曲线
Fig. 3 The ductile damage evolution curve of the material

2.4 非线性损伤演化方程的数值迭代拟合方法

Lemaitre^[2] 提出的三维各向同性非线性塑性损伤演化方程为

$$\dot{\omega} = A \left(\frac{\dot{\epsilon}_p}{\epsilon_F} \right)^{2s_0} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^n$$

式中: ϵ_0 、 ϵ_F 分别为损伤起始应变和损伤临界应变; A 、 n 为材料参数, 称为损伤影响指数。在 ω_c 处, 材料发生脆性断裂。通过损伤演化方程的数值拟合来确定。

根据损伤演化方程(5), 损伤曲线方程的积分形式为

式中, A 、 B 、 M 为待定拟合参数。对比式(5)和式(6)可得

$$A = \frac{B}{M} \left(\frac{\omega_c}{\epsilon_F} \right)^{2s_0} \left(\frac{\omega_c}{\epsilon_F} \right)^n \quad (7)$$

由关系式(7)可得

$$B(A, M) = A \epsilon_F^M - \omega_c^M \quad (8)$$

故称式(8)为相关三参数幂指数拟合目标函数。对于这种特殊形式的拟合目标函数, 其拟合精度

可建立迭代方程

$$Y = \omega B(A_{i-1}, M_{i-1}) A_i \epsilon^M \quad (9)$$

迭代拟合时, 初始假定一组参数 (A_0, M_0) , 由式(8)求得 B 后, 代入式(9)可拟合求出 (A_1, M_1) ; 再将 (A_1, M_1) 代入式(8), 求得 B 后, 再代入式(9)可拟合求出 (A_2, M_2) ; 依次迭代拟合, 直至两次拟合结果相同为止. 故这种拟合方法称为非线性损伤演化方程的数值迭代-拟合方法.

采用上述方法对图 3 所示三组损伤测试数据进行拟合, 结果均比较满意, 相关指数均约为 0.99. 得到拟合参数 A 、 B 和 M 后, 便可利用关系式(7)得到损伤参数 ϵ_0 和 s_0 . 最终确定的 LY12-CZ 铝合金薄板三种状态的损伤参数汇总结果于表 4.

由表 4 可见: 对于本文所研究的三种状态, 材料的损伤与破坏具有以下规律: (1) 硬化指数 n 越大, 损伤指数 M 也越大; (2) 损伤起始应变 ϵ_0 和破坏应变 ϵ_f 分别为 0.01 和 0.16 左右, 且不敏感于材料的