

用非线性塑性模型标定

薄板的损伤参数

周 利 黄 义

西安建筑科技大学土木工程学院 陕西 西安

五邑大学土木建筑系 广东 江门

摘 要 重点研究了薄板材料的非线性塑性损伤模型参数的测试与标定方法 首先 利用大圆弧变截面拉伸试样检测不同塑性损伤状态下材料弹性模量的变化 进而换算得到材料单轴塑性损伤演化曲线 即 $\omega E - \epsilon P$ 曲线 然后 参照塑性损伤模型中的非线性塑性损伤演化方程 拟定一个相关三参数幂指数函数作为目标函数 并采用了数值迭代 拟合方法确定拟合参数 最后标定出了材料的非线性塑性损伤模型参数 文中还就薄板材料的损伤与破坏行为进行了实验测试与分析

关键词 非线性损伤

模型 损伤参数 大圆弧变截面试样

薄板

中图分类号

文献标识码

文章编号

*

The labeling of non-linear model parameters for ductile damage of LY -CZ thin-slabs

ZHOU Li HUANG Yi

Abstract

Key words non linear ductile damage Lemaitre Chaboche's model damage parameter necked in specimen thin slabs of aluminum alloys LY -CZ

模型和

模型是两种最具有代表性的三维各向同性损伤理论

模型理论体系完美 但其中损伤测试烦杂 应用不多

模型 简称

模型 虽没有严格满足热力学的全部方程 但因其简单方便而受到结构工程界欢迎 并被推广用于蠕变、疲劳及其相互作用的情况 用损伤模型进行结构分析时 需要通过单轴向拉伸实验标定几个材料损伤参数 由于非线性塑性损伤模型参数的标定存在一定困难 所以模型往往被认为只能适用于线性塑性损伤材料 因此 准确测得材料的损伤演化曲线 研究非线性损伤模型参数的标定方法 对扩大

* 收稿日期

基金项目 广东省自然科学基金资助项目

作者简介 周 利

男 陕西西安人 教授 研究方向为材料与结构的破坏理论与应用研究

生塑性相

一种常
献、
式方法
表面粗
上进一
塑性相

别为

1 材料

初始
实验中
分析和
 L R
中的显
 a

变形状
量 ω 在
性大应
应变片
新贴片

止行

横梁

公式

不时其内的

塑性入

ϵ

用变截面试样测 E 公式

文献 详细推得大圆弧变截面拉伸试样的

E

E 公式为

$$\frac{Pl}{A \Delta l}$$

式中 f 称为变截面试样按等直截面计算 E 时的

形状修正系数 A 为试样颈部的初始横截面面积 实验

损伤变量 ω

本保持为常数

利用有效应力的概念 按照弹性

量定义的损伤变量 ωE 为

ω

$$E E$$

式中 E_0 、 E 分别为材料受损伤前后的弹性模量

损伤变量 ω 只与弹性模量的相对变化有关 而试样

结果分析与讨论

2.1 材料的应力应变曲线

图 1、2 分别为由常规等直拉伸试样测得

薄板材料在 两种状态下的塑性应力应变曲线

塑

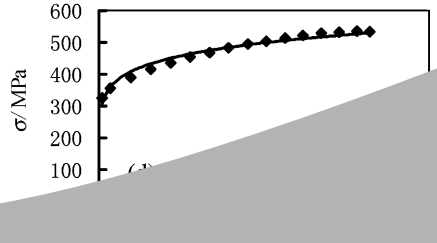
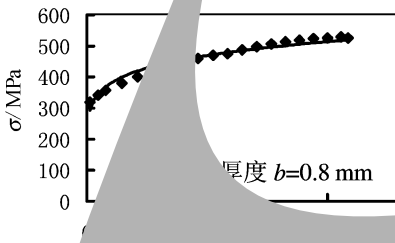
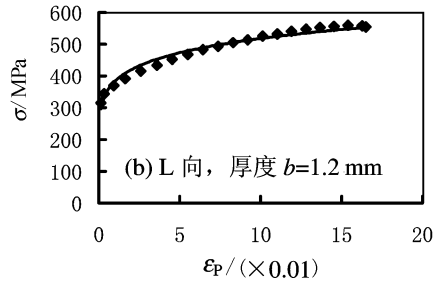
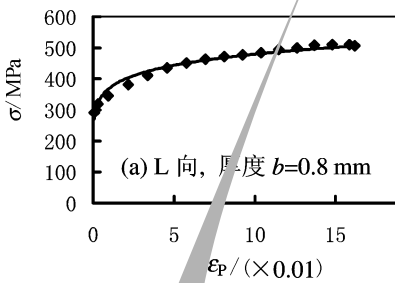
力应变关系为

σ

$$\sigma = K \epsilon^n$$

则材料常数 K 、 n 的回归结果见表 1 可见材料

的常规性能与取向和厚度有关 但差异不太明显



的塑性

的应变

状态

b

n

样的断裂应力对比分析

的拉伸强度是损伤分析中的重要参数之一 本文分别采用等直

测得的薄板材料的单轴断裂应力值 σ_b 列

的断裂应变相差不到 材料的塑性断裂应变通常与应力状态有关 应力三轴度越大 断裂应变越小 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状态是基本一致的 故本文采用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

材料状态	b	b	b	b
c 等截面				
c 变截面				
相差				

2 3 材料的单轴塑性损伤演化曲线及其拟合方程

针对 薄板 图 描述了三种材料状态在不同单轴塑性变形时所测得的损伤变量 ω 值及其临界值 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发现 采用高次多项式拟合结果较好 说明严格讲损伤演化曲线是非线性的

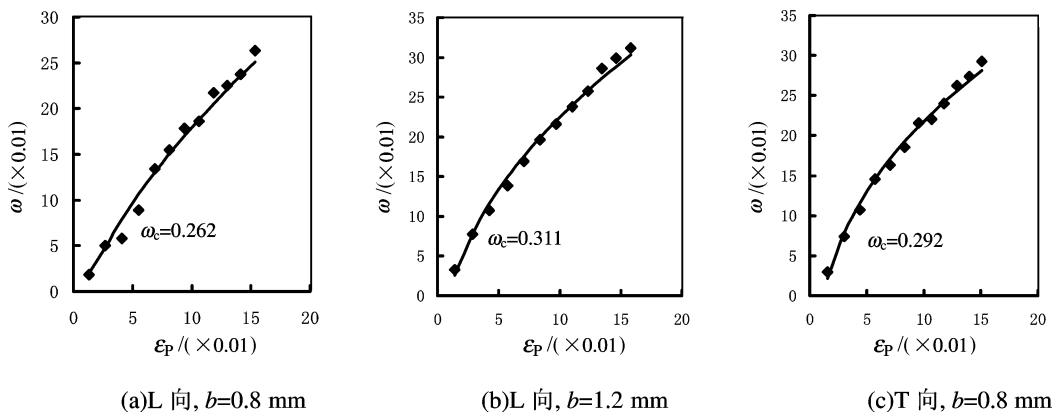


图 材料的塑性损伤演化曲线

2 4 非线性损伤演化方程的数值迭代拟合方法

提出的三维各向同性非线性塑性损伤演化方程在单轴情况可简化为

$$\omega = \omega \begin{pmatrix} \epsilon^n & s & n & n \\ \epsilon^n & s & n & n \end{pmatrix}$$

式中 ϵ_s 、 ϵ_c 分别为损伤起始应变和损伤临界应变 断裂应变 ω 为临界损伤变量 s 也是一个描述损伤状态的材料参数 影响指数 在 ϵ_s 、 ϵ_c 、 ϵ_c 和 s 四个材料常数中 三个是独立的 ϵ_s 和 s 需要通过损伤演化方程的

根据损伤演化方程的拟合采用目标函数

式中 A 、 B 、 M 为待定参数 拟合参数与损伤参数之间存在关系

由关系式 可知系数 A 、 B 存在关系

可建立迭代方程

$$Y = \omega B A^i M^i = A^i \epsilon^{M^i}$$

迭代拟合时 初始假定一组参数 A M 由式 求得 B 后 代入式 可拟合求出 A M 再将 A M 代入式 求得 B 后 再代入式 可拟合求出 A M 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 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 得到拟合参数 A 、 B 和 M 后 便可利用关系式 得到损伤参数 ϵ 和 s 最终确定的 LY CZ 铝合金薄板三种状态的损伤参数汇总结果于表

由表 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 硬化指数 n 越大 损伤指数 M 也越大 损伤起始应变 ϵ 和破坏应变 ϵ^e 分别为 和 左右 且不敏感于材料的的的