

XJTUFLC 杯凸和板料成形试验系统

一、系统用途

本系统自动采集杯突试验时板料变形的序列视频图像，基于数字图像相关法技术，自动计算板料成形的三维全场应变，从而生成成形极限曲线 FLC。

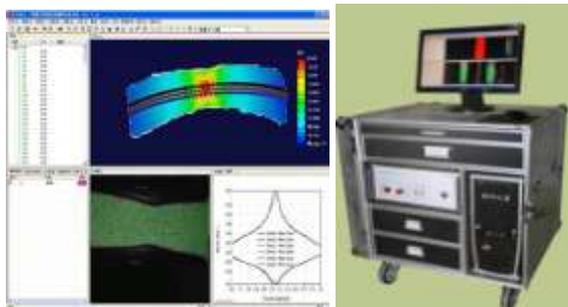


图 1 XJTUFLC 板料成形极限曲线 FLC

二、系统特点

板料成形极限曲线 FLC 是板料成形的重要指标数据，传统试验方法获取 FLC 极其及其麻烦，如在板料腐蚀网格，成形后多采用工具显微镜进行测量。传统方法的缺点：

- 应定位各种应变发生的曲线，但是这将花费大量的时间(每个宽度都要做大量的试验)；
- 断裂后曲线需要更改；
- 仿真中需要补偿两条曲线的差别，而且要给一定的余量；
- 一些材料需要比平时更小的网格。

XJTUFLC 杯突和板料成形试验系统的优点：

- 每个试验可以获得更多的数据，一组试验可以得到大量的数据，例如：断裂极限曲线、各种应变的极限曲线、板材外部和中间的结果；
- 高精度测量，高精度的材料数据，测试结果接近生产；
- 快速得到结果、成本低廉的试验；
- 无需进行断裂试样结果评估补偿。

三、依据标准

ISO-FDIS 12004-2-2008. Metallic materials — Sheet and strip —Determination of forming-limit curves —

Part 1: Measurement and application of forming-limit diagrams in the press shop

Part 2: Determination of forming-limit curves in the laboratory

GBT 24171.1-2009 金属材料 薄板和薄带 成形极限曲线的测定

- 第 1 部分：冲压车间成形极限图的测量及应用
- 第 2 部分：实验室成形极限曲线的测定



GBT 15825.1-2008 金属薄板成形性能与试验方法

- 第 1 部分：成形性能和指标
- 第 2 部分：通用试验规程
- 第 3 部分：拉深与拉深载荷试验
- 第 4 部分：扩孔试验
- 第 5 部分：弯曲试验
- 第 6 部分：锥杯试验
- 第 6 部分：锥杯试验
- 第 7 部分：凸耳试验
- 第 8 部分：成形极限图(FLD)测定指南

四、系统原理

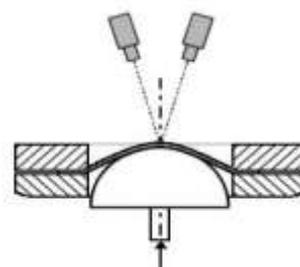


图 2 板料杯突试验和测量原理

非接触式光学测量



图 3 FLC 试验时板料表面只需喷涂散乱图案

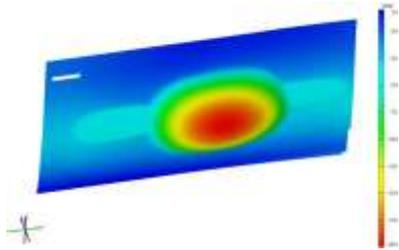


图 4 三维全场应变计算结果显示

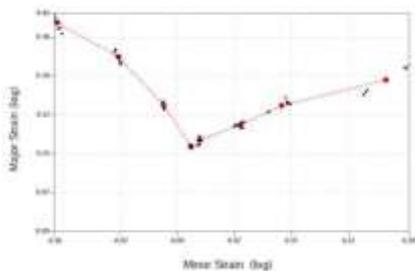


图 5 自动生成的成形极限曲线 FLC



图 6 最少 5 种不同结构的试件，从窄条状到圆形

ISO-FDIS 12004-2-2008 和 GBT 24171.1-2009 对用于 FLC 实验的试件要求：

- 1) . 平面金属试件
- 2) . 厚度范围：0.4~4mm
- 3) . 最少 5 种不同结构的试件，从窄条状到圆形
- 4) . 每种结构的试件至少 3 个
- 5) . 拍摄速度不小于 10 帧/s
- 6) . 变形速率：1.0~2.0mm/s
- 7) . 破裂位置发生试件正中间

□ FLC 计算基本流程：

- 1) . 对全部的试件进行散斑三维全场变形、应变计

算

- 2) . 对于每个试件，找出破裂前的一个状态

3) . 在破裂前的状态上，建立 3~5 条间距 2mm 左右的平行截线，对于次应变 ≥ 0 的情况，要求截线尽量垂直于裂纹方向（偏差在 25° 以内），对于次应变 < 0 的情况，要求截线尽量平行于试件边缘（主应变方向），截线长度尽量长，但不能到试件边缘。

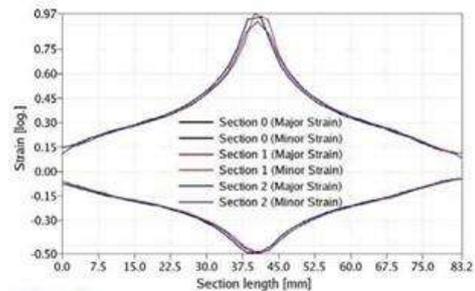


图 7 平行截线

- 4) . 输出截线数据

- 5) . FLC 模块读入多个试件的多组截线数据

6) . 每一组截线数据，都包含主应变、次应变两组数据，对每组数据分别进行二次曲线拟合，得到二次曲线的极值（对于主应变是最大值，次应变是最小值），这两个机制分别作为一个点的 X,Y 坐标，形成 FLC 图上的一个点。

7) . 多组截线得到多个点，拟合这些点就可以得到 FLC 曲线

- 8) . 输出 FLC 曲线数据

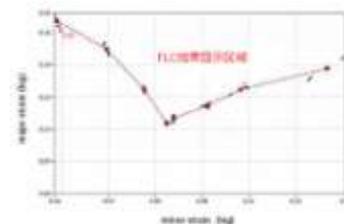


图 8 FLC 显示

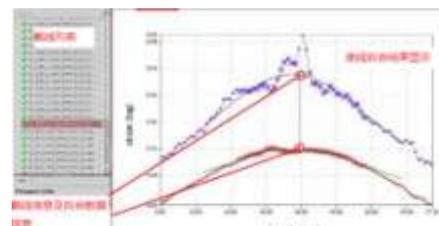


图 9 曲线拟合显示

五、系统组成

非接触式光学测量

- 1) 杯突和板料成形试验机 (进口或国产试验机)
- 2) 三维全场应变分析系统 (XJTUDIC 三维数字散斑动态应变测量分析系统)



图 10 各种进口的杯突和板料成形试验机



图 11 各种国产的杯突和板料成形试验机

六、自研的 30 吨板料成形和杯凸试验机与常用的 6 吨杯凸试验机的区别

自研的“30 吨板料成形和杯凸试验机”与目前市场上常用的 6 吨杯凸试验机区别很大:

一是冲头直径从 20mm 增加为 100mm, 可以进行 FLC 检测。传统的 6 吨杯凸试验机无法进行 FLC 检测;

二是冲压力从 6 吨增加为 30 吨。传统的 6 吨杯凸试验机冲头直径只有 20mm, 需要的冲压力较小 (6 吨左右); 而板料成形试验机采用直径 100mm 冲头, 需要 30 吨以上的冲压力。

三是执行的标准不同。传统的 6 吨杯凸试验机采用 GB4156-2007、GB15825.3 标准, 而新的 30 吨板料成形试验机在执行 GB4156-2007、GB15825.3 标准的基础上, 重点支持 2009 最新的 GB/T24171.1、GB/T 24171.2 标准 (国家标准为 ISO-FDIS 12004-2-2008)

七、自研的 30 吨板料成形和杯凸试验机的性能指标

板料成形和杯突试验机主要用于金属薄板的工艺性试验。本产品主机采用液压夹紧、伺服冲压, 冲压速度可预先设定, 杯突夹具装卸试样方便, 试样

送入后, 按自动按钮即可完成夹紧、冲压, 试样出现裂纹自动停车, 并且易于观察裂纹, 并有峰值记忆功能, 即最大冲压力、变形高度自动记忆。变形深度、冲压力采用 LCD 显示屏显示, 按键操作, 可预先设定变形深度。用于杯突试验、FLD 试验、FLC 试验。

杯突试验机采用伺服电机带动减速机, 夹紧时通过同步传动组件, 带动伺服冲压系统同步向上, 然后夹紧系统发讯, 冲压系统自动冲压, 测量系统同步自动测量板材变性值, 当试样出现裂纹时, 测量系统自动显示杯突值。杯突夹具为敞开式结构, 便于观察板材是否出现裂纹。杯突夹具压模结构采用球窝自动调心结构, 以保证试样夹紧时试样夹紧力受力均匀。产品执行标准: GB4156-2007、GB/T24171.1、GB/T 24171.2、GB15825.3 标准。

主要技术指标

- 1) 可试板材厚度: 金属板 0.2~4 mm
- 2) 板材最大宽度: 180 mm
- 3) 杯突示值误差: ± 0.01 mm
- 4) 杯突测量分辨力: 0.001 mm
- 5) 冲压力: 300 kN
- 6) 冲压力有效测量范围: 6kN~300kN
- 7) 冲压力示值误差: $\pm 1\%$
- 8) 冲头行程: 120 mm
- 9) 冲压速度: 0.01~130mm/min
- 10) 最大夹紧力: 300kN
- 11) 夹紧力相对误差: $\pm 2\%$
- 12) 夹紧活塞行程: 38mm



图 12 自研的 30 吨板料成形和杯凸试验机