

特点描述

- ◆ 相关标准包括 ISO 10113、ASTM E517、GB/T 5027、IS 11999 和 JIS Z 2254。
- ◆ 非接触式视频引伸计能够同时测定其它拉伸试验性能以及 γ 值。
- ◆ 该回归方法可有效用于在塑性区域表现出非均匀行为的材料（如 Al-Mg 合金）。

■ 引言

在交通运输行业，像高强度钢这样的薄层材料在减少车辆重量来提高燃料效率方面一直受到关注。然而，高强度钢在冲压成型后易出现形状缺陷问题，压制模具的生产所需的时间和成本遇到重大挑战。计算机辅助工程（CAE）分析方法的最新进展和计算机的计算速度提高了高强度钢冲压成型的模拟精度。这使得我们能够预测冲压成型产品的理想形状，从而大幅降低压制模具的开发时间和成本。

实现高精度冲压成型模拟需要确定 Lankford 值（简称 γ 值），该值是代表金属薄板成型性的指标之一。 γ 值是材料在厚度方向延展性的一个定量指标，与材料的可拉性（其对冲压成型性有显著贡献）相对应。在 ISO 10113（2020 年修订）中，三种不同的数值测定方法已经得到标准化（手动方法、半自动方法和自动方法）。自动方法为使用引伸计测量标距长度和标距宽度，该方法使得我们能够在按照 ISO 6892-1 完成标准金属拉伸试验后，确定任何给定塑性应变的 γ 值。因此，该方法对于同时测定其它拉伸性能值（例如，抗拉强度）非常有用。每种测定方法的详情和接触式引伸计测定 γ 值的案例研究见先前的应用报告文章¹。

接触式引伸计的测量需要每次测试时将引伸计连接到试样上，之后取下。相比之下，TRViewX 非接触式视频引伸计通过识别捕获图像中的标距长度和宽度值来实现更方便的测试。本文描述了根据 ISO 10113 规定的自动方法，使用 AGX-V2 万能试验机和 TRViewX 引伸计测定 γ 值的案例研究。

■ 试验系统

在本示例中，使用了 Autograph AGX-V2 精密万能试验机和 TRViewX 非接触式视频引伸计。其他仪器配置如表 1 所示。

表 2 提供了试样信息。要求试样的类型和标距符合 ISO 6892-1: 2019, 附件 B。此外，平行长度必须等于或大于 $L_0 + 2b_0$ ，其中 L_0 为原始标距长度， b_0 为原始标距宽度。

制备了两种类型的试样：在塑性区域均匀变形的 SUS304CP 类型和表现出非均匀行为的 A5052P 类型。分别对前者应用自动“单点法”和对后者应用自动“回归法”计算 γ 值。

试验条件和试验视图分别如表 3 和图 1（左）所示。试验速度符合 ISO 6892-1，这是金属拉伸试验的标准。图 1（右）显示了 TRViewX 上的标距长度和宽度识别。附件贴纸型标距标记便于识别。此外，在粉色框指示范围内的多个点的宽度测量值和随后的平均值计算确保了检测结果的高度重现性。

表 1 仪器配置

试验机:	AGX-100kNV2
传感器容量:	100 kN
夹具:	100 kN 手动定位楔形夹具
引伸计:	TRViewX 非接触式视频引伸计
软件:	TRAPEZIUM™ X-V

表 2 试样信息

形状:	ISO 6892-1 附录 B:3
平行部分的尺寸:	长度 100 mm 宽度 25 mm 厚度 1 mm
材料特性:	SUS304CP, A5052P
相对于轧制方向的朝向:	0 度

表 3 试验条件

测试速度:	ISO 6892-1: 方法 B
原始标距长度:	50 mm
夹具间距离:	210 mm
每个朝向的测试数量:	n=5

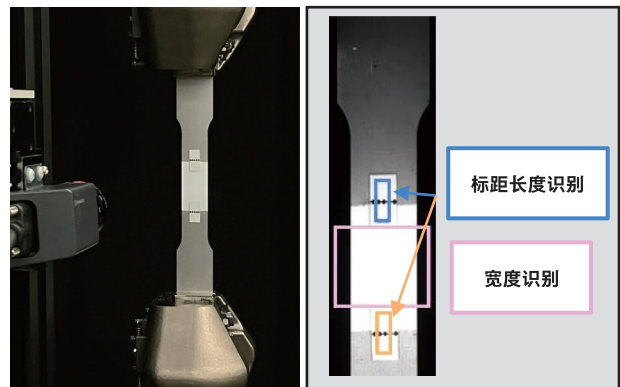


图 1 试验视图（左）和标距长度和宽度的识别

■ 试验结果

单点法 -SUS304CP

图 2 显示了从该示例中获得的 SUS304CP 样品重叠良好的应力与长度应变曲线（上图）和宽度应变与长度应变曲线（下图）。接触式引伸计在达到确定 γ 值¹ 的特定应变后必须取下，而 TRViewX 能够运行测试直到破坏，而无需暂停十字头移动。

表 4 所示为通过专用软件 TRAPEZIUMX-V 自动计算的测试结果的平均值和标准偏差值。图 4（下图）中的曲线表明试样的塑性区域应变均匀。在这种情况下，通常应用单点法，该方法能够获得每行测试数据的单一瞬时 γ 值，例如载荷、伸长和瞬时宽度减小值。为便于参考，表 4 还提供了使用与先前应用报告文章¹ 中所述相同的方法通过接触式引伸计测定的 γ 值结果。TRViewX 和接触式引伸计测定的 γ 值具有可比性，并且具有足够的重现性，这一事实强调了该测试方法的可靠性。

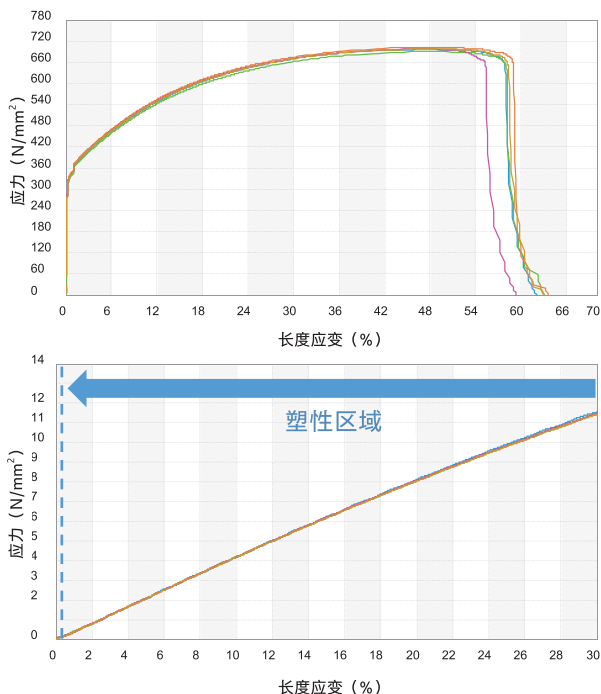


图 2 SUS304CP 的应力与长度应变曲线（上图）和宽度应变与长度应变曲线（下图）

表 4 SUS304CP 试验结果的平均值和标准差

20% γ 值 ^{*1}	20% γ 值 ^{*1}	0.2% 验证应力	抗拉强度
TRViewX	接触式引伸计	[MPa]	[MPa]
0.861	0.855	325	696
± 0.0078	± 0.012	± 3.3	± 4.2

*1 20% γ 值表示在达到 20% 塑性应变的点时计算的 γ 值。

回归方法 -A5052PP

图 3 显示了从 A5052P 样品获得的宽度应变与长度应变曲线。由于塑性区域的非均匀行为，应用单点方法会导致每行测试数据的 γ 值发生变化。在这种情况下，回归方法是应用的首选方法。该方法对 $\epsilon_{p,b}$ vs $\epsilon_{p,L}$ 值应用线性回归，其中 $\epsilon_{p,b}$ 是宽度方向上的真实塑性应变， $\epsilon_{p,L}$ 是拉伸方向上的真实塑性应变，在整个评价范围内确定可靠的 γ 值。TRAPEZIUMX-V 软件还能够基于回归方法自动计算 γ 值。

表 5 显示了 A5052P 样品的平均值和标准差值。还纳入了用接触式引伸计测量的结果作为参考。回归方法还使用 TRViewX 和接触式引伸计产生了相当的结果。

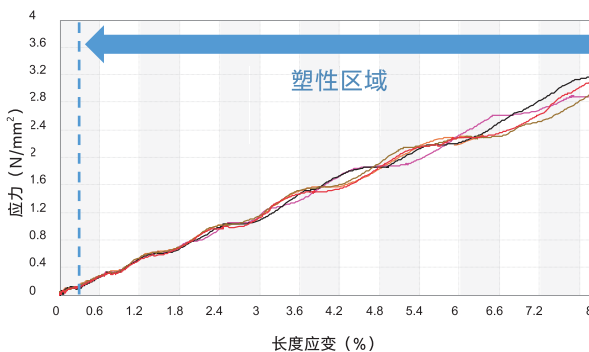


图 3 A5052P 的宽度应变与长度应变曲线

表 5 A5052P 测试结果的平均值和标准差

20% γ 值 ^{*2}	20% γ 值 ^{*2}	0.2% 验证应力	抗拉强度
TRViewX	接触式引伸计	[MPa]	[MPa]
0.705	0.710	208	251
± 0.023	± 0.019	± 2.5	± 2.4

*2 γ 值的评价范围为塑性应变长度的 0.5 ~ 5.5%

■ 结论

Autograph AGX-V2 精密万能试验机和 TRViewX 非接触式视频引伸计可实现根据 ISO 10113:2020 便捷地进行 γ 值测定。TRAPEZIUMX-V 软件能够实现自动方法中涉及到的单点方法和回归方法。此外，它能够进行每个计算 γ 值的比较和后续统计处理，如计算平均值和标准差值。

TRViewX 和 TRAPEZIUMX-V 功能是完全集成的，仅使用软件即可实现完全可操作性，回放带有结果曲线的测试视频，并显示测试屏幕和点选择。

相关应用

1. ISO 10113:2020 - 数值测定 [应用编号_01-00615](#)

岛津应用云



AGX 和 TRAPEZIUM 是岛津制作所或其附属公司在日本和 / 或其他国家 / 地区的商标。



岛津企业管理（中国）有限公司
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439
400-650-0439

免责声明：

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；
* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2024 年 3 月