

通过使用应变片式引伸计控制应变速率的金属拉伸试验

关于金属材料拉伸试验，2009年修订国际标准 ISO 6892 时，以及 2011 年修订日本工业标准 JIS Z2241 时，除了应力速率控制作为将材料加载到屈服点的方法之外，还增加了应变率控制方法（用引伸计测量应变）作为试验项目。伴随着这些变化，对通过应变率控制进行金属材料拉伸试验的要求也越来越高。

在进行应变率控制时，需要一个高精度的引伸计。SSG-H 型应变片式引伸计是一种使用了应变片的精密引伸计，具有延伸率检测范围大，重量轻，一键夹持式设计，可用于圆棒和板材试样。

本文为您介绍使用 AGX-100kN 岛津精密万能电子试验机和 SSG 50-10 SH 型应变片式引伸计，确认是否可以进行符合 ISO 6892-1:2019 要求的应变率控制的事例。

C. Oya

■ 应变率控制

标准提供了三个应变率水平，如图 1 所示，对应于所需的特性值，并规定了相应范围的应变率如下所示。另外只要没有其他适用要求，建议使用 ※ 符号表示的应变率。

达到上屈服强度或验证强度前的应变率 (V1)

范围 1: $(0.000\ 07 \pm 0.000\ 014)\ s^{-1}$ 或者

范围 2: $(0.000\ 25 \pm 0.000\ 05)\ s^{-1}$ (※)

直至获得下屈服点的平行段推测应变率 (V2)

范围 2: $(0.000\ 25 \pm 0.000\ 05)\ s^{-1}$ (※) 或者

范围 3: $(0.002 \pm 0.000\ 4)\ s^{-1}$

此后，直至断裂时的平行段推测应变率 (V3)

范围 2: $(0.000\ 25 \pm 0.000\ 05)\ s^{-1}$ 或者

范围 3: $(0.002 \pm 0.000\ 4)\ s^{-1}$ 或者

范围 4: $(0.006\ 7 \pm 0.001\ 33)\ s^{-1}$ (※)

应变率下的公差范围对应于数值的 $\pm 20\%$ 。本次不计算下屈服点，因此，未使用 V2 的速度，使用了 V1 和 V3 的速度。V1 使用的速度是范围 1 和范围 2 的两种，V3 使用的推荐速度范围 4。其中，在本试验中应变率转换点设置为 1% 的应变。

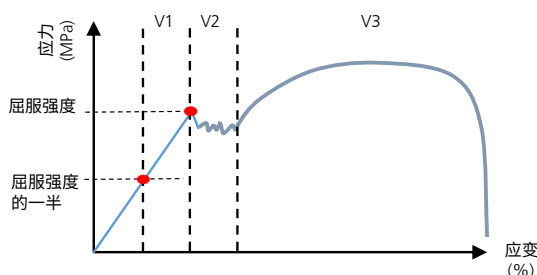


图 1 速率控制示意图+

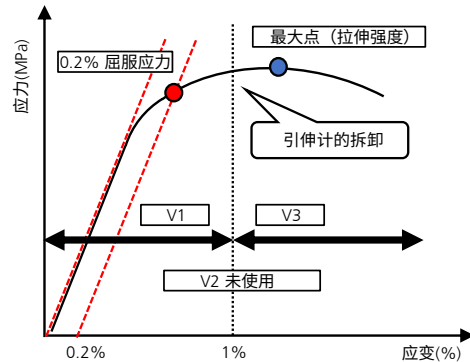


图 2 本试验中的速率控制示意图

表 1 试验速率（应变率控制）

| 试验方法 | V1 应变率 *1 | V3 预测应变率 *2 |
|------|-------------------|------------------|
| ① | $0.000\ 07s^{-1}$ | $0.006\ 7s^{-1}$ |
| ② | $0.000\ 25s^{-1}$ | (40%/min) |

*1 应变率是指使用引伸计，通过检测试样标距内“单位时间的应变增加量”

*2 预测应变率是指将试验机十字头的位移作为试样平行段长度增加量时的“单位时间应变增加量”。

■ 试样和仪器配置

表 2 所示为仪器配置，图 3 所示为试验条件，表 3 所示为试样，图 4 所示为试样的示意图。本试验中使用 5 号试样进行了检测。

表 2 仪器配置

| | |
|-------|----------------|
| 试验型号 | AGX-100kN |
| 称重传感器 | 100kN |
| 试验夹具 | 气动定位式楔形夹具 |
| 引伸计 | SSG50-20 SH |
| 软件 | TRAPEZIUM™ X-V |

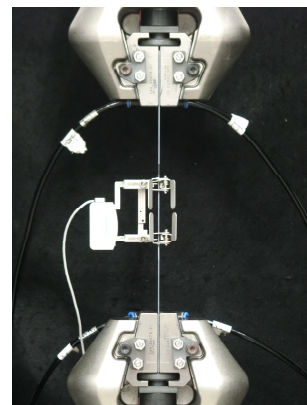


图 3 试验情形

表 3 样品

| | |
|------|-----------------|
| 材质 | SPPC |
| 试样形状 | JIS Z 2241 5号试样 |

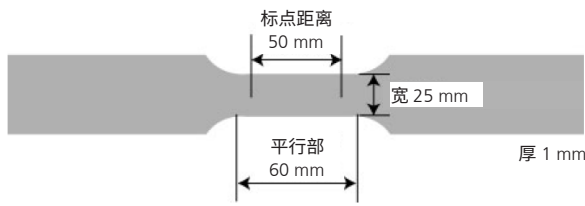


图 4 样品形状

■ 试验结果

表 4 所示为试验结果，图 5 所示为应力 - 应变线状图。采用①或②的试验速度时，检测结果相近。

图 6 所示为应变率、应力 - 应变线状图。标准中规定，应变率控制的误差容许值为 $\pm 20\%$ 。图 6 中，标准中规定的应变率控制容许范围 $\pm 20\%$ 的区域标识为黄色，作为参考值， $\pm 10\%$ 的区域标识为红色。结果证实，试验可充分满足应变率控制容许值 ($\pm 20\%$) 的要求。另外，应变率基本上都在指定速度的 $\pm 10\%$ 以内变化，可以更加准确地控制应变率。

表 4 试验结果

| | | ① | ② |
|---------------|----------------------|--------|--------|
| 最大试验力 | (N) | 8594.2 | 8591.6 |
| 拉伸强度 | (N/mm ²) | 351.5 | 350.8 |
| 弹性模量 | (GPa) | 190.8 | 190.5 |
| 屈服应力 (0.2%应力) | (N/mm ²) | 245.3 | 247.3 |

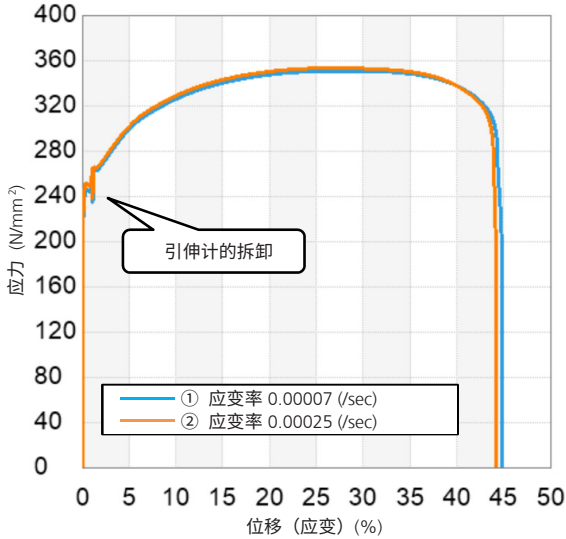


图 5 应力-应变线状图

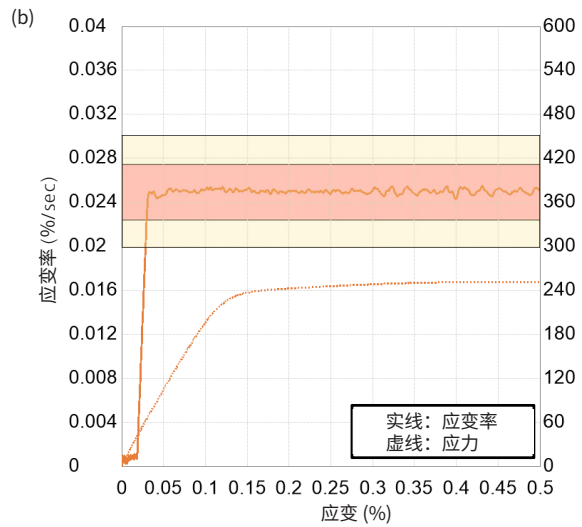
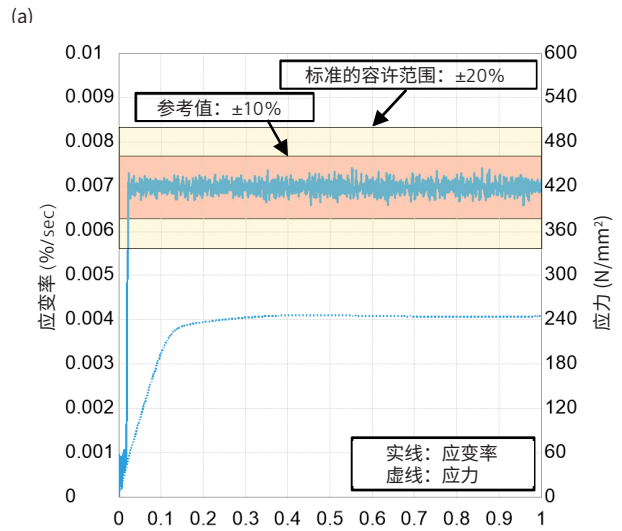


图 6 应变率、应力-应变线状图

- (a) 试验方法 ① 应变率 0.00007 (/sec)
(b) 试验方法 ② 应变率 0.00025 (/sec)

■ 结语

通过使用 AGX-100 kNv 和应变计式引伸计 SSG-H 型，可以将应变率精度控制在金属材料拉伸试验标准中规定的 $\pm 20\%$ 的范围内，试验可充分满足标准的要求。另外，TRAPEZIUM X-V 还增加了图 6 所示的用图表显示“应变率”的功能，检测后可马上确认试验是否符合标准。

AGX 及 TRAPEZIUM 是岛津制作所株式会社在日本和其他国家的商标。

岛津应用云



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：2020年4月