



中华人民共和国国家标准

GB/T 33965—2017

金属材料 拉伸试验 矩形试样减薄率的测定

**Metallic materials—Tensile testing—
Determination of thickness reduction ratio for rectangular specimen**

2017-07-12 发布

2018-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：武汉钢铁股份有限公司、北京有色金属研究总院、冶金工业信息标准研究院、上海申力试验机有限公司、中国南方航空工业(集团)有限公司、广州汽车集团股份有限公司。

本标准主要起草人：李荣锋、刘冬、张红菊、董莉、杜丽影、涂应宏、杨浩源、刘善青、刘克辉、袁焕泉。

金属材料 拉伸试验

矩形试样减薄率的测定

1 范围

本标准规定了通过拉伸试验测定金属材料矩形试样减薄率的术语和定义、符号和说明、试验原理、试验设备、试样、试验程序、试验结果计算和试验报告。

本标准适用于金属板材拉伸试验矩形试样的厚度减薄率的测定。金属管材厚度减薄率的测定也可参照本标准。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 228.1—2010 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法

GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分:高温试验方法

GB/T 5027 金属材料 薄板和薄带 塑性应变比(r 值)的测定

GB/T 5028 金属材料 薄板和薄带 拉伸应变硬化指数(n 值)的测定

GB/T 12160—2002 单轴试验用引伸计的标定

GB/T 13239 金属材料 低温拉伸试验方法

GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分:拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准

GB/T 30069.2 金属材料 高应变速率拉伸试验 第2部分:液压伺服与其他试验系统

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

减薄率 percentage of thickness reduction

η

试样厚度方向的变化量与原始厚度之比的百分率。

见式(1)。

$$\eta = \frac{a_0 - a}{a_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

3.2

最大力塑性减薄率 percentage of plastic thickness reduction at maximum force

η_s

试样在最大力时厚度方向塑性减薄量与原始厚度之比的百分率。

见式(2)。

$$\eta_{\text{g}} = \frac{a_0 - a_{\text{g}}}{a_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

3.3

最大力总减薄率 percentage of total thickness reduction at maximum force

η_{gt}

试样在最大力时厚度方向减薄量与原始厚度之比的百分率。

见式(3)。

$$\eta = \frac{a_0 - a_{\text{gt}}}{a_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

3.4

断后减薄率 percentage of thickness reduction after fracture

η_{u}

断后试样最小厚度处的减薄率。

见式(4)。

$$\eta_{\text{u}} = \frac{a_0 - a_{\text{u}}}{a_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

注：断后减薄率的测量仅供参考。

4 符号和说明

本标准使用的符号和说明见表1。

表1 符号和说明

符号	名称	单位
试样		
a_0	试样原始厚度	mm
b_0	试样原始宽度	mm
L_0	试样原始标距	mm
a	试样约定工程应变后的厚度	mm
b	试样约定工程应变后的宽度	mm
L	试样约定工程应变后的长度	mm
Δb	瞬时宽度缩小量	mm
ΔL	标距范围内瞬时延伸量	mm
a_{gt}	试样在最大力时平行长度部分的厚度	mm
a_{g}	试样在最大力时卸载后平行长度部分的厚度	mm
a_{u}	试样断后最小厚度	mm
S_0	原始横截面积	mm ²
应变		
e_b	试样宽度方向工程应变	%
e_L	试样长度方向工程应变	%

表 1 (续)

符号	名称	单位
ϵ_{bp}	试样宽度方向塑性应变	%
ϵ_{lp}	试样长度方向塑性应变	%
减薄率		
η	厚度减薄率	%
$\eta_{x/y}$	采用指定方向 x 和约定工程应变变量 y 所表示的厚度减薄率 [x 为相对于轧制方向的夹角,单位为度($^{\circ}$), y 以百分数表示]	%
η_e	最大力塑性减薄率	%
η_{et}	最大力总减薄率	%
η_u	断后减薄率	%
力		
F_m	最大力	N
强度		
ν	泊松比(例如钢为 0.30,铝为 0.33)	—
m_E	拉伸试验应力应变曲线弹性部分的斜率	MPa

5 原理

采用矩形试样进行拉伸试验,测定指定工程应变水平下或拉伸断裂后试样的厚度变化,计算减薄率的相关参数。

注:对于采用纵横向应变转换关系的自动测量方法需要满足体积不变原理。

6 试验设备

6.1 拉力试验机应按照 GB/T 16825.1 进行校准,其准确度应为 1 级或优于 1 级,并符合所依据的 GB/T 228.1—2010、GB/T 228.2、GB/T 13239 或 GB/T 30069.2 对设备的要求。

6.2 测量试样标距长度的装置分辨力不低于 0.01 mm,测量厚度装置的分辨力不低于 0.001 mm。

6.3 采用自动测量方法,引伸计应符合 GB/T 12160—2002 中的 1 级或优于 1 级要求。

注:当采用长标距和大伸长量时,1 级引伸计测量的长度误差可能超出 ± 0.01 mm。

6.4 试样的夹持方法应符合所依据的拉伸试验方法 GB/T 228.1—2010、GB/T 228.2、GB/T 13239、GB/T 5027、GB/T 5028 或 GB/T 30069.2 规定。

6.5 试样断后颈缩处厚度的测量宜采用带尖头的接触式测量装置或其他非接触式测量装置,如金相显微镜或超声波测厚仪。

注:试样断后厚度减薄率的测量数据有可能离散性较大。

7 试样

7.1 应按照相关产品标准要求取样,如果产品标准没有规定,按照有关各方的协议取样。

7.2 试样类型和试样制备,包括尺寸公差、形状公差和原始标距标记,应符合所依据的 GB/T 228.1—2010、GB/T 228.2、GB/T 13239、GB/T 5027、GB/T 5028 或 GB/T 30069.2 规定。自动测量的薄板和薄带试样应符合 GB/T 5027 要求。

7.3 除特殊要求外,试样厚度为测试板材的厚度。对于较薄的热轧板,应去掉表面的氧化皮。

7.4 对于薄板或薄带试样表面不应有划痕等损伤。

8 试验程序

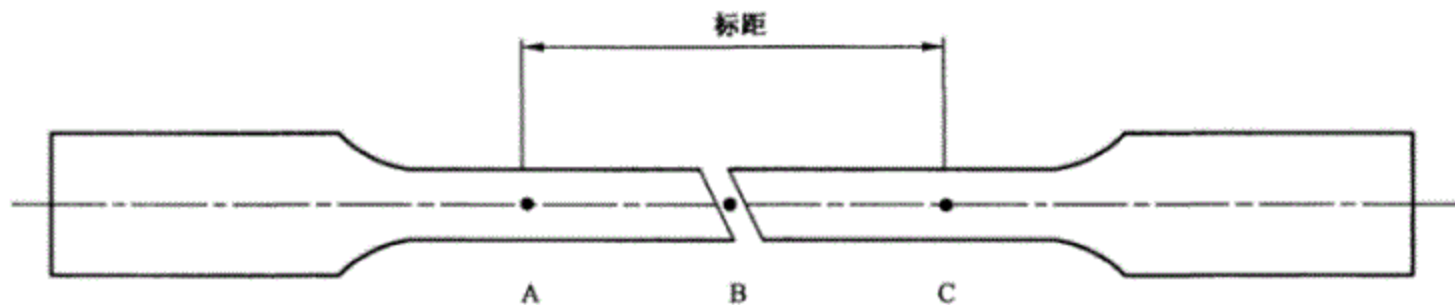
8.1 一般要求

8.1.1 拉伸试验按照所依据的 GB/T 228.1—2010、GB/T 228.2、GB/T 13239、GB/T 5027、GB/T 5028 或 GB/T 30069.2 执行。

8.1.2 除非另有规定,试验测量一般在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内进行。对温度要求严格的试验,试验温度应为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.3 厚度测量时,分别测量标距中心和两端的厚度值,取其算术平均值作为原始厚度,见图 1。

8.1.4 测量方法包括自动测量方法(方法 A)和人工测量方法(方法 B)。



说明:

A、C——测厚点;

B——断裂点。

图 1 厚度测量示意图

8.2 方法 A

应使用符合第 6 章中规定的引伸计测量长度延伸量和至少一点的宽度变化量。以此计算约定应变水平的减薄率、最大力塑性减薄率和最大力减薄率。测量时,在塑性变形阶段,应变速率不应超过 0.008 s^{-1} 。

注:自动测量的过程与 GB/T 5027 相同。

8.3 方法 B

应使用符合第 6 章中规定的厚度测量装置,在指定工程应变水平下保载测量 8.4 规定的 3 点处的厚度,取算术平均值作为约定工程应变水平下的瞬时厚度,以此计算约定应变水平的减薄率。

8.4 测量

8.4.1 为了测定断后减薄率,试验至试样拉断,将试样断裂的部分仔细地配接在一起使轴线处于同一直线上,如图 1 所示,用尖头千分尺测量颈缩部分最小厚度处的厚度值 a_u 。

注:最小厚度位置的确定较困难。

8.4.2 如试样断裂位置在标距内,且与标距中心的距离不大于原始标距的三分之一,则测量 A、C 两点的厚度,取其平均值作为 a_g ,以此计算最大力塑性减薄率。如果试样断裂位置在标距内,且与标距中心

的距离大于原始标距的三分之一,则测量较长一段 A 点或 C 点一处的厚度,作为 a_g ;或试样断裂位置在标距外,且试验有效,则测量距离断口较远的 A 点或 C 点一处的厚度,作为 a_g ,以此计算最大力塑性减薄率。

9 试验结果计算

9.1 自动测量时,通过纵、横向全程跟踪引伸计分别得到试样长度方向工程应变和试样宽度方向工程应变 e_b ,按照式(5)计算任意应变下的减薄率 η 以及最大力总减薄率 η_{gt} 。最大力时的 e_L 即为最大力总延伸率 A_{gt} ,见 GB/T 228.1—2010 的第 18 章。式(5)中 η 是 e_L 和 e_b 两个变量的函数,图 2 是瞬时厚度减薄率 η 随纵向工程应变 e_L 变化曲线的示例。最大力塑性减薄率 η_g 则通过式(6)计算。减薄率自动测量公式的推导过程参见附录 A。

$$\eta = 1 - \frac{1}{(1 - e_b) \times (1 + e_L)} \dots\dots\dots(5)$$

$$\eta_g = 1 - \frac{1}{(1 - e_{bp}) \times (1 + e_{Lp})} \dots\dots\dots(6)$$

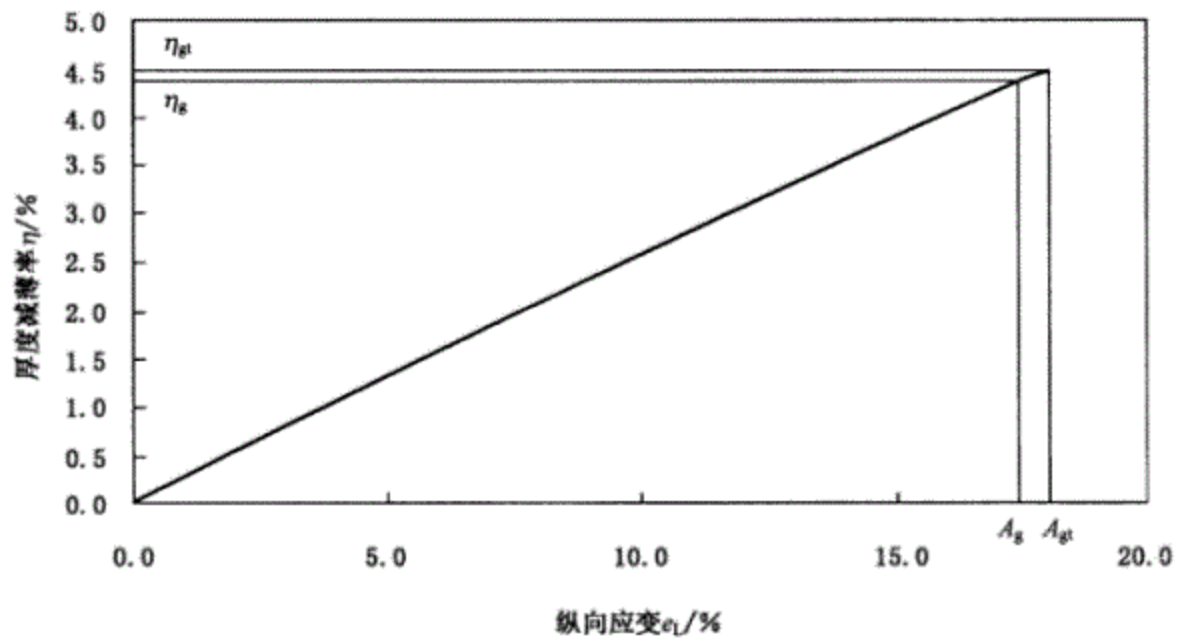


图 2 厚度减薄率随纵向工程应变变化曲线的示例

9.2 人工测量时,指定应变水平的减薄率按式(1)计算,断后减薄率按式(4)计算,最大力塑性减薄率按式(2)计算。

9.3 试验结果数值应按照相关产品标准的要求进行修约。如未规定具体要求,应按照如下要求进行修约:

- 断后减薄率修约至 1%;
- 最大力塑性减薄率和最大力总减薄率等参数修约至 0.5%。

注 1: 根据经验,断后减薄率的数据离散性较大。

注 2: 根据经验 η_g 与 η_s 二者的差别很小,基于测量的便利性建议实验室自动测量时采用 η_g ,而手动测量时采用 η_s ,并在报告中注明。

10 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 本标准的编号;
- b) 注明试验条件信息;

- c) 试样标识；
- d) 材料名称、牌号(如已知)；
- e) 试样类型；
- f) 测试采用的方法(方法 A 或方法 B)；
- g) 试验结果。

附录 A

(资料性附录)

减薄率自动测量公式的推导

减薄率自动测量公式按如下步骤推导:

- a) 在实际测量中,由于厚度的变化量很小,不易精确测量,因此通过假定体积不变(变形中发生相变除外),可以将试样长度方向的变形换算成厚度方向的变形。根据体积不变假设,在试样拉伸发生颈缩之前的弹性阶段和均匀塑性变形阶段都存在式(A.1):

$$a_0 b_0 L_0 = abL \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- a_0 ——试样原始厚度,单位为毫米(mm);
 b_0 ——试样原始宽度,单位为毫米(mm);
 L_0 ——试样原始标距,单位为毫米(mm);
 a ——试样约定工程应变后的厚度,单位为毫米(mm);
 b ——试样约定工程应变后的宽度,单位为毫米(mm);
 L ——试样约定工程应变后的长度,单位为毫米(mm)。

- b) 颈缩发生前拉伸过程中试样各处瞬时厚度减薄率变化一致,满足以下关系式(A.2):

$$\eta = \frac{a_0 - a}{a_0} = 1 - \frac{a}{a_0} = 1 - \frac{b_0 L_0}{bL} = 1 - \frac{1}{\frac{b}{b_0} \times \frac{L}{L_0}} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

- c) 根据长度方向和宽度方向的工程应变计算式(A.3)、式(A.4):

$$e_L = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{L}{L_0} - 1 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

$$e_b = \frac{b_0 - b}{b_0} = 1 - \frac{b}{b_0} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

从而有式(A.5)和式(A.6):

$$\frac{L}{L_0} = 1 + e_L \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

$$\frac{b}{b_0} = 1 - e_b \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

- d) 将式(A.5)和式(A.6)代入式(A.2),即可求得:

$$\eta = 1 - \frac{1}{(1 - e_b) \times (1 + e_L)} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

- e) 式(A.7)中的两个 e_L 和 e_b 变量分别为试样长度和宽度方向的瞬时工程应变,可以通过纵、横向全程跟踪引伸计分别测得,测试方法参照 GB/T 228.1—2010 与 GB/T 5027。

- f) A_g 和 A_{gt} 是金属材料应变设计中的重要参数,将 A_g 和 A_{gt} 对应的厚度减薄率分别称之为最大力下塑性减薄率 η_g 和最大力下总减薄率 η_{gt} 。最大力下总减薄率 η_{gt} 的测量相对简单,直接将最大力时 e_L 和 e_b 带入式(A.7)计算得到。最大力下塑性减薄率 η_g 的测量则相对复杂,需要将最大力时 e_L 和 e_b 中的弹性分量扣除,即按照式(A.8)、式(A.9)、式(A.10)计算得到。

$$e_{Lp} = \left(\frac{L_0 + \Delta L}{L_0} - \frac{F}{S_0 \times m_E} \right) \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

$$e_{bp} = \left(\frac{b_0 - \Delta b}{b_0} + \frac{\nu \times F}{S_0 \times m_E} \right) \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

$$\eta_g = 1 - \frac{1}{(1 - e_{bp}) \times (1 + e_{Lp})} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金 属 材 料 拉 伸 试 验
矩 形 试 样 减 薄 率 的 测 定
GB/T 33965—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 16 千字
2017年7月第一版 2017年7月第一次印刷

*

书号: 155066·1-57237 定价 16.00 元



GB/T 33965-2017