



中华人民共和国国家标准

GB/T 32498—2016

金属基复合材料 拉伸试验 室温试验方法

Metal matrix composites—Tensile testing—
Method of test at ambient temperature

2016-02-24 发布

2017-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

中华人民共和国
国家标准
金属基复合材料 拉伸试验
室温试验方法
GB/T 32498—2016

*

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 1 字数 26 千字
2016年4月第一版 2016年4月第一次印刷

*

书号: 155066·1-54124 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国工程材料标准化工作组(SAC/SWG 3)提出并归口。

本标准起草单位:江苏省产品质量监督检验研究院、上海交通大学、徐州市产品质量监督检验中心。

本标准主要起草人:王燕、欧阳求保、姚强、王鲲、张荻、宋锦柱、路通、王浩。

金属基复合材料 拉伸试验 室温试验方法

1 范围

本标准规定了金属基复合材料拉伸试验方法的术语和定义、符号和说明、原理、试验设备、试样、试验要求和试验报告。

本标准适用于颗粒增强金属基复合材料及短纤维增强金属基复合材料的室温拉伸试验。

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 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置和试样制备

GB/T 12160 单轴试验用引伸计的标定

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 22066 静力单轴试验机用计算机数据采集系统的评定

GB/T 22315 金属材料 弹性模量和泊松比试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属基复合材料 metal matrix composites

以金属(如铝、镁、钛、镍等)或合金为基体,以颗粒、纤维、晶须等为增强体的复合材料。

3.2

标距 gauge length

L

测量伸长用的试样圆柱或棱柱部分的长度。

3.2.1

原始标距 original gauge length

L_0

室温下试验前试样的标距。

3.2.2

断后标距 final gauge length after fracture

L_a

将拉断后的试样两部分在断裂处对接在一起,使其轴线位于同一条直线上,测量试样的标距。

GB/T 32498—2016

3.3

平行长度 parallel length

L_c

试样平行缩减部分的长度,对于未经机加工的试样即为两夹头间的距离。

3.4

伸长率 percentage elongation

原始标距的伸长与原始标距 L_0 的百分比。

3.4.1

断后伸长率 percentage elongation after fracture

A

试样拉断后标距的伸长($L_u - L_0$)与原始标距 L_0 的百分比。

3.5

引伸计标距 extensometer gauge length

L_e

用引伸计测量试样延伸时所使用引伸计起始标距长度。

3.6

延伸 extension

试验期间某一时刻引伸计标距 L_e 的增量。

3.6.1

最大力塑性延伸率 percentage plastic extension at maximum force

A_g

最大力时原始标距的塑性延伸与引伸计标距 L_e 的百分比。

3.6.2

最大力总延伸率 percentage total extension at maximum force

A_{gt}

最大力时原始标距的总延伸(弹性延伸加塑性延伸)与引伸计标距 L_e 的百分比。

3.6.3

断裂总延伸率 percentage total extension at fracture

A_t

断裂时原始标距的总延伸(弹性延伸加塑性延伸)与引伸计标距 L_e 的百分比。

3.7

试验速率 testing rate

试验期间单位时间应变的增加值。

3.7.1

应变速率 strain rate

e_{L_e}

用引伸计标距 L_e 测量时单位时间的应变增加值。

3.7.2

平行长度应变速率的估计值 estimated strain rate over the parallel length

e_{L_c}

根据横梁位移速率和试样平行长度 L_c 计算的试样平行长度的应变单位时间内的增加值。

3.8

断面收缩率 percentage reduction of area

Z

断裂后试样横截面积的最大缩减量($S_0 - S_u$)与原始横截面积 S_0 的百分比。

3.9

应力 stress

试验期间任一时刻的力除以试样原始横截面积 S_0 得到的值。

3.9.1

抗拉强度 tensile strength

R_m

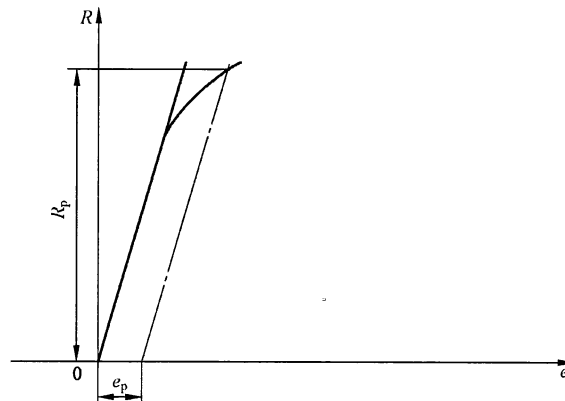
最大力 F_m 对应的应力。

3.9.2

规定塑性延伸强度 proof strength, plastic extension

R_p

塑性延伸率等于规定的引伸计标距 L 百分比时对应的应力, 见图 1。



说明:

e —— 延伸率;

R —— 应力;

e_p —— 规定的塑性延伸率;

R_p —— 规定塑性延伸强度。

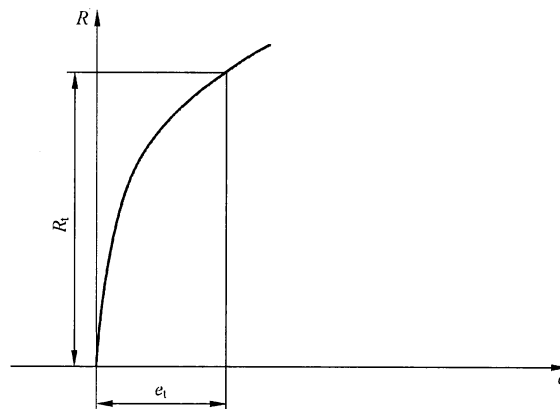
图 1 规定塑性延伸强度 R_p

3.9.3

规定总延伸强度 proof strength, total extension

R_t

总延伸率等于规定的引伸计标距 L 百分比时的应力, 见图 2。



说明:

e —— 延伸率;

R —— 应力;

e_t —— 规定总延伸率;

R_t —— 规定总延伸强度。

图 2 规定总延伸强度 R_t

GB/T 32498—2016

4 符号和说明

本标准使用的符号和相应的说明见表 1。

表 1 符号和说明

符 号	单 位	说 明
A	%	断后伸长率
A_g	%	最大力 F_m 塑性延伸率
A_{gt}	%	最大力 F_m 总延伸率
A_t	%	断裂总延伸率
a_0	mm	矩形横截面试样原始厚度
b_0	mm	矩形横截面试样平行长度的原始宽度
C_v	—	离散系数
d_0	mm	圆形横截面试样平行长度的原始直径
d_u	mm	圆形横截面试样断裂后缩颈处最小直径
E	MPa	弹性模量
e_{Le}	s^{-1}	应变速率
e_{Lc}	s^{-1}	平行长度估计的应变速率
F_m	N	最大力
L_0	mm	原始标距
L_c	mm	平行长度
L_e	mm	引伸计标距
L_t	mm	试样总长度
L_u	mm	断后标距
R_m	MPa	抗拉强度
R_p	MPa	规定塑性延伸强度
R_t	MPa	规定总延伸强度
r	mm	夹持端与平行长度之间的过渡弧半径
s	—	标准差
S_0	mm^2	原始横截面积
S_u	mm^2	断后最小横截面积
V_c	$mm \cdot s^{-1}$	横梁分离速率
Z	%	断面收缩率
ΔL_m	mm	最大力总延伸
ΔL_t	mm	断裂总延伸

注：1 MPa=1 N·mm⁻²。

5 原理

试验系用拉力拉伸试样,一般拉至断裂,测定一项或几项力学性能。

6 试验设备

6.1 试验机

试验机应满足 GB/T 22066,其测力系统应按照 GB/T 16825.1 进行校准,准确度应为 0.5 级。

6.2 引伸计

引伸计的准确度级别应符合 GB/T 12160 的要求,其准确度应为 1 级或优于 1 级。

7 试样

7.1 形状与尺寸

7.1.1 一般要求

试样的形状与尺寸取决于要被试验的金属基复合材料产品的形状与尺寸,其横截面可以为圆形或矩形。

通常从产品、压制坯或铸件切取样坯经机加工制成试样。但具有恒定横截面的产品(如棒材、铸造产品等)可以不经机加工而进行试验。

7.1.2 试样的形状

如试样的夹持端与平行长度的尺寸不相同,它们之间应以过渡弧连接,过渡弧的最小半径为:

- a) 圆形横截面试样, $\geq 0.75d_0$;
- b) 其他试样, ≥ 12 mm。

一般机加工的圆形横截面试样其平行长度的直径一般不应小于 4 mm。

如相关产品标准有规定,具有恒定横截面的产品(如棒材、铸造产品等)可采用不经机加工的试样进行拉伸试验。

7.1.3 试样的尺寸

7.1.3.1 机加工试样的平行长度

平行长度 L_c 的要求如下:

- a) 对于圆形截面试样 $L_c \geq L_0 + \frac{d_0}{2}$;
- b) 对于其他形状试样 $L_c \geq L_0 + 1.5\sqrt{S_0}$ 。

对于仲裁试验,平行长度应为 $L_0 + 2d_0$ 或 $L_0 + 2\sqrt{S_0}$ 。

7.1.3.2 原始标距

7.1.3.2.1 比例试样

试样原始标距与横截面积有 $L_0 = k\sqrt{S_0}$ 的关系称为比例试样,比例系数 k 的值通常为 5.65,也可

GB/T 32498—2016

以取 11.3。原始标距应不小于 20 mm。

圆形横截面比例试样和矩形横截面比例试样优先采用表 2 和表 3 推荐的尺寸。

表 2 圆形横截面比例试样

d_0/mm	r/mm	$k=5.65$			$k=11.3$		
		L_0/mm	L_c/mm	试样编号	L_0/mm	L_c/mm	试样类型编号
25	$\geq 0.75d_0$	$5d_0$	$\geq L_0 + d_0/2$ 仲裁试验: $L_0 + 2d_0$	R1	$10d_0$	$\geq L_0 + d_0/2$ 仲裁试验: $L_0 + 2d_0$	R01
20				R2			R02
15				R3			R03
10				R4			R04
8				R5			R05
6				R6			R06
5				R7			R07
4				R8			R08

注 1: 如相关产品标准无具体规定, 优先采用 R2、R4 或 R7 试样。
注 2: 试样总长度取决于夹持方法, 原则上 $L_c > L_0 + 4d_0$ 。

表 3 矩形横截面比例试样

b_0/mm	r/mm	$k=5.65$			$k=11.3$		
		L_0/mm	L_c/mm	试样编号	L_0/mm	L_c/mm	试样类型编号
12.5	≥ 12	$5.65\sqrt{S_0}$	$\geq L_0 + 1.5\sqrt{S_0}$ 仲裁试验: $L_0 + 2\sqrt{S_0}$	P7	$11.3\sqrt{S_0}$	$\geq L_0 + 1.5\sqrt{S_0}$ 仲裁试验: $L_0 + 2\sqrt{S_0}$	P07
15				P8			P08
20				P9			P09
25				P10			P010
30				P11			P011

注 1: 如相关产品标准无具体规定, 优先采用比例系数 $k=5.65$ 的比例试样。
注 2: 当试样横截面积太小, 以致采用比例系数 k 为 5.65 的值不能符合这一最小标距要求时, 可以采用较高的值 (优先采用 11.3 的值) 或采用非比例试样。

7.1.3.2.2 非比例试样

矩形横截面非比例试样尺寸见表 4。如果相关的产品标准有规定, 允许使用非比例试样。平行长度不应小于 $L_0 + b_0/2$, 对于仲裁试样, 平行长度应为 $L_c = L_0 + 2b_0$ 。原始标距 L_0 与原始横截面积 S_0 无关。

表 4 矩形横截面非比例试样

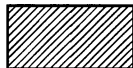
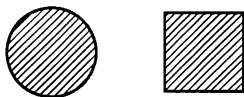
b_0 /mm	r /mm	L_0 /mm	L_c /mm	试样类型编号
12.5	≥ 20	50	$\geq L_0 + 1.5 \sqrt{S_0}$ 仲裁试验: $L_0 + 2 \sqrt{S_0}$	P12
20		80		P13
25		50		P14
38		50		P15
40		200		P16

7.1.4 试样类型

表 5 按产品的形状规定了试样的主要类型,也可按照相关产品标准规定其他试样类型。

表 5 试样的主要类型

单位为毫米

产品类型	
板材-扁材  厚度 a_0 $a_0 \geq 3$	线材-棒材  直径或边长 ≥ 4

7.2 试样的制备

除非另有规定,试样应在成品上取样,按照相关产品标准或 GB/T 2975 的要求切取样坯和制备试样,如受成品尺寸等因素限制也可从随炉浇注的单铸试样上取样。单铸试样应为直径为 20 mm 的圆柱形样坯,经机加工后形成平行部分直径为 10 mm 的标准试样。表 6 给出了机加工试样的横向尺寸公差,四面机加工的矩形试样,其机加工面的表面粗糙度 Ra 应不大于 $1.6 \mu m$,相对两面机加工的矩形试样,其未加工面的尺寸公差与形状公差也应符合加工面的公差要求。

表 6 试样横向尺寸公差

单位为毫米

名称	名义横向尺寸	尺寸公差	形状公差*
机加工的圆形横截面直径和四面机加工的矩形横截面试样横向尺寸	≥ 3 ≤ 6	± 0.02	0.03
	> 6 ≤ 10	± 0.03	0.04
	> 10 ≤ 18	± 0.05	0.04
	> 18 ≤ 30	± 0.10	0.05

表 6 (续)

单位为毫米

名 称	名义横向尺寸	尺寸公差	形状公差 ^a
相对两面机加工的矩形横截面 试样横向尺寸	≥ 3 ≤ 6	± 0.02	0.03
	> 6 ≤ 10	± 0.03	0.04
	> 10 ≤ 18	± 0.05	0.06
	> 18 ≤ 30	± 0.10	0.12
	> 30 ≤ 50	± 0.15	0.15
^a 沿着试样整个平行长度,规定横向尺寸测量值的最大最小之差。			

7.3 原始横截面积的测定

应在试样平行长度中心区域以足够的点数测量试样的相关尺寸。

原始横截面积 S_0 是平均横截面积,应根据测量的原始尺寸进行计算,测量每个尺寸应准确到 $\pm 0.5\%$ 。

7.4 原始标距的标记

应用小标记、细划线或细墨线标记原始标记,为了使划线清晰可见,试验前可涂上一层染料。不得用引起过早断裂的缺口作标记。

7.5 试样数量

每组有效试样数量不小于 5 个。

8 试验要求

8.1 试验温度

除非另有规定,试验应在环境温度为 $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下进行,对温度要求严格的试验,试验温度应为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.2 设定试验力零点

在试验加载链装配完成后,应在试样两端被夹持之前设定力测量系统的零点,并在试验期间保证力测量系统不变。

8.3 试样的夹持方法

应使用楔形夹头、螺纹夹头、平推夹头、套环夹具等合适的夹具夹持试样。

应尽力确保夹持的试样受轴向拉力的作用,尽量减小弯曲。

8.4 试验速率

8.4.1 总则

本试验可采用两种不同类型的应变速率控制：

- a) 基于引伸计的反馈得到的应变速率 e_{L_c} 。在直至测定 R_p 、 R_t 的范围时，应按照规定应变速率 e_{L_c} ，在这一范围需要做在试样上安装引伸计，以准确控制应变速率。对于不能进行应变速率控制的试验机也可采用根据平行长度估计的应变速率 e_{L_c} 。
- b) 根据平行长度估计的应变速率 e_{L_c} ，即通过计算平行长度与相应的应变速率的乘积得到的横梁位移速率，见式(1)：

$$v_c = L_c \times e_{L_c} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- v_c ——横梁位移速率；
- L_c ——平行长度；
- e_{L_c} ——应变速率。

8.4.2 规定延伸强度 R_p 、 R_t 以及弹性模量 E 的试验速率

在测定 R_p 、 R_t 时，应变速率应在 $0.000\ 05\ s^{-1} \sim 0.000\ 3\ s^{-1}$ ，并尽可能保持恒定，推荐采用应变速率 $0.000\ 1\ s^{-1}$ ，相对误差 $\pm 20\%$ 。如果试验机不能直接进行应变速率控制，可采用通过平行长度估计的应变速率 e_{L_c} 。弹性模量 E 的测定按照 GB/T 22315 中静态法进行。

8.4.3 抗拉强度 R_m 、断后伸长率 A 、最大力下的总延伸率 A_{gt} 、最大力下的塑性延伸率 A_g 和断面收缩率 Z 的试验速率

在规定延伸强度测定后，应变速率应不超过 $0.001\ s^{-1}$ 并保持恒定。推荐采用应变速率 $0.000\ 5\ s^{-1}$ ，相对误差 $\pm 20\%$ 。

8.5 试验方法

8.5.1 规定塑性延伸强度的测定

根据力-延伸曲线图测定规定塑性延伸强度 R_p ，在曲线图上作一条与曲线的弹性直线段部分平行，且在延伸轴上与此直线段的距离等效于规定塑性延伸率。此平行线与曲线的交截点给出相应于所求规定塑性延伸强度的力，此力除以试样原始横截面积 S_0 得到规定的塑性延伸强度，见图 1。

8.5.2 规定总延伸强度的测定

在力-延伸曲线图上，作一条平行于力轴并与该轴的距离等效于规定总延伸率的平行线，此平行线与曲线的交截点给出相应于规定总延伸强度的力，此力除以试样横截面积 S_0 得到规定总延伸强度 R_t 。也可不绘制力-延伸曲线图而使用自动处理装置或自动测试系统测定规定总延伸强度，按照 GB/T 228.1—2010 附录 A 进行。

GB/T 32498—2016

8.5.3 最大力塑性延伸率的测定

在用引伸计得到的力-延伸曲线图上从最大力时的总延伸率中扣除弹性延伸部分即得到最大力时的塑性延伸,将其除以引伸计标距得到最大力塑性延伸率。

最大力塑性延伸率 A_g 按式(2)计算:

$$A_g = \left(\frac{\Delta L_m}{L_e} - \frac{R_m}{m_E} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

L_e ——引伸计标距;

m_E ——应力-延伸率曲线弹性部分的斜率;

R_m ——抗拉强度;

ΔL_m ——最大力下的延伸。

8.5.4 最大力总延伸率的测定

在用引伸计得到的力-延伸曲线图上测定最大力总延伸,最大力总延伸率 A_{gt} 的计算见式(3):

$$A_{gt} = \frac{\Delta L_m}{L_e} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

L_e ——引伸计标距;

ΔL_m ——最大力下的延伸。

8.5.5 断裂总延伸率的测定

在用引伸计得到的力-延伸曲线图上测定断裂总延伸,断裂总延伸率 A_t 按式(4)计算:

$$A_t = \frac{\Delta L_f}{L_e} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

L_e ——引伸计标距;

ΔL_f ——断裂总延伸。

8.5.6 断后伸长率的测定

将试样断裂的部分牢固地对接在一起并使轴线处于同一直线上,测量试样的断后标距,断后伸长率 A 按式(5)计算:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

L_0 ——原始标距;

L_u ——断后标距。

由于金属基复合材料延性较低,为提高测试结果的准确性,推荐采用如下方法:

试验前在平行长度的两端处做一很小的标记,使用调节到标距的分规,分别以标记为圆心划一圆弧。拉断后,将断裂的试样置于一装置上,保证断裂部位测量时能牢固地对接在一起。以最接近断裂的原圆心为圆心,以相同的半径划第二个圆弧。用工具显微镜或其他合适的仪器测量两个圆弧之间的距离即为断后伸长,精确到 ± 0.02 mm。

8.5.7 断面收缩率的测定

将试样断裂的部分牢固地对接在一起并使轴线处于同一直线上,断裂后最小横截面积的测定应准确到±2%,断面收缩率 Z 按式(6)计算:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

S_0 ——平行长度部分的原始横截面积;

S_u ——断后最小横截面积。

8.6 试验结果

8.6.1 试验结果数值的修约

试验测定的性能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:

- 强度性能值修约至 1 MPa;
- 延伸率和断后伸长率修约至 0.1%;
- 断面收缩率修约至 0.1%。

8.6.2 数据的处理

8.6.2.1 算术平均值

试样性能算术平均值按式(7)计算,保留 3 位有效数字。

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

\bar{X} ——算术平均值;

X_i ——某个试样的性能值;

n ——试样数。

8.6.2.2 标准差

标准差按式(8)计算,保留两位有效数字。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

s ——标准差;

\bar{X} ——算术平均值;

X_i ——某个试样的性能值;

n ——试样数。

8.6.2.3 离散系数

离散系数按式(9)计算,保留两位有效数字。

$$C_v = \frac{s}{\bar{X}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

GB/T 32498—2016

式中：

C_v —— 离散系数；

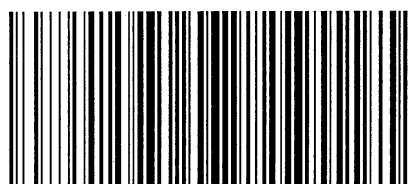
s —— 标准差；

\bar{X} —— 算术平均值。

9 试验报告

试验报告应至少包括以下信息，除非双方另有约定：

- a) 材料名称、牌号、规格；
 - b) 试验条件信息；
 - c) 所采用的标准号；
 - d) 使用仪器的型号及编号；
 - e) 试样类型；
 - f) 试样的取样方向和位置；
 - g) 测定各参数试验速率范围；
 - h) 报告日期及报告编号；
 - i) 检测人员与审核人员签字。
-



GB/T 32498—2016

版权专有 侵权必究

*

书号：155066 · 1-54124

定价： 18.00 元