

标准化

GB/ T228 - 2002 实施要点

梁新邦

(北京钢铁研究总院, 北京 100081)

摘要: 根据新修订的国家标准 GB/ T228 - 2002 的发布实施,介绍了新、旧标准的主要差异、新标准的测试方法要点及性能测试的主要技术要求,以便于标准的使用者正确理解和贯彻。对新旧标准过渡中遇到的问题提出了解决的建议。

关键词: 标准; 拉伸试验方法; 性能测定

中图分类号: T-652.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-4012(2004)01-0045-04

IMPLEMENTATION MAIN POINTS OF CHINA NATIONAL STANDARD GB/ T228 - 2002

LIANG Xin-bang

(Central Iron & Steel Research Institute, Beijing 100081, China)

Abstract: The new-revised China national standard GB/ T228 - 2002 had been published to put into effect in 2002. The main differences between the new and old standards were shown, and the mainpoints of testing method and the technical key requirements for measuring properties were explained briefly in order that users could accurately understand and carry out this new standard. Some suggestions were made for resolving the problems arisen from the transition from the old standard to the new one.

Key words: Standard; Tensile testing method; Property determination

1 引言

国家标准 GB/ T228 - 2002《金属材料 室温拉伸试验方法》已于 2002 年颁布实施。这一新国家标准是合并修订国家标准 GB/ T228 - 1987《金属拉伸试验方法》、GB/ T3076 - 1982《金属薄板(带)拉伸试验方法》和 GB/ T6397 - 1986《金属拉伸试验试样》三个标准为一个标准,它等效采用了国际标准 ISO6892 1998《金属材料 室温拉伸试验》,也是 GB/ T228 的第三次修订。GB/ T228 - 2002 包括的技术内容和要求与原三个标准有较大的不同,尤其在性能名称和符号、抗拉强度定义、试验速率、性能结果数值的修约方面变动较大。而且,新标准中增加了引用标准和关于试验方法准确度方面阐述的内容。为了更好地贯彻实施 GB/ T228 - 2002,将该标准的要点和实施中需注意之点说明如下。

2 GB/ T228 - 2002 标准的适用范围

标准适用于金属材料(包括黑色和有色金属材料,但不包括金属构件和零件)室温拉伸性能的测定,试样或产品的横截面尺寸 $\geq 0.1\text{mm}$ 。对于小横截面尺寸的金属产品,例如金属箔、超细丝和毛细管等的拉伸试验需要双方协议。其原因在于:横截面小的产品,按照标准中建议的量具分辨力要求不能满足附录 A 和附录 C 规定横截面测定准确度在 $\pm 1\%$ 和 $\pm 2\%$ 以内的要求。试样标距采用常规的划细线、打小冲点等方法进行标记不可行。常用的引伸计不适用于此类型产品试样的试验。试样的夹持方法需要特殊夹头等。

3 室温的温度范围

标准中规定室温的温度范围为 $10 \sim 35$,超出这一范围不属于室温。对于材料在这一温度范围内性能对温度敏感而采用更严格的温度范围试验时,应采用 23 ± 5 的控制温度。上述 $10 \sim 35$ 的温度

收稿日期:2003-10-23

作者简介:梁新邦(1939-),男,高级工程师。

范围实质是指容许的试样温度范围,只要试样的温度是在这规定的室温范围内便符合标准要求。

4 标准中的引用标准

标准中的第二章引用了 6 个国家标准,即:

GB/ T2975 - 1998 钢及钢产品 力学性能试验 取样位置和试样制备 (eqv ISO377 1997)

GB/ T8170 - 1987 数值修约规则

GB/ T12160 - 2002 单轴试验用引伸计的标定 (idt ISO9513 1999)

GB/ T16825 - 1997 拉力试验机的检验 (idt ISO7500 - 1 1986)

GB/ T17600.1 - 1998 钢的伸长率换算 第 1 部分:碳素钢和低合金钢 (eqv ISO2566 - 1 1984)

GB/ T17600.2 - 1998 钢的伸长率换算 第 2 部分:奥氏体钢 (eqv ISO2566 - 2 1984)

标准中通过注日期引用的这 6 个国家标准是构成 GB/ T228 - 2002 标准本身不可缺少的部分,应遵照被引用的 6 个标准中的相关规定和要求,其中被引用的 5 个标准分别等同和等效相应的国际标准。目前,GB/ T8170 - 1987《数值修约规则》还没有相对应的国际标准。

5 性能和术语定义

5.1 性能定义

为了与国际接轨,性能的定义按照国际标准的规定。与原 GB/ T228 - 1987 相比较,屈服强度与抗拉强度的定义有明显差异,其他性能的定义无实质性差异。

新标准将抗拉强度定义为相应最大力 (F_m) 的应力,而最大力 (F_m) 定义为试样在屈服阶段之后所能抵抗的最大力;对于无明显屈服(连续屈服)的金属材料,为试验期间的最大力。按照这一定义,如图 1 所示的拉伸曲线情况,最大力应为曲线上的 B 点,而不是旧标准中的取其 A 点的力(上屈服力)计算抗拉强度。

新标准中屈服强度这一术语的含义与旧标准中的屈服点有所不同,前者是泛指上、下屈服强度性能;而后者既是泛指屈服点和上、下屈服点性能,也特指单一屈服状态的屈服点性能(s)。因为新标准已将旧标准中的屈服点性能 s 归入为下屈服强度 R_{eL} (见标准中的图 2 d)。所以,新标准中不再有与旧标准中的屈服点性能(s)相对应的性能定义。也

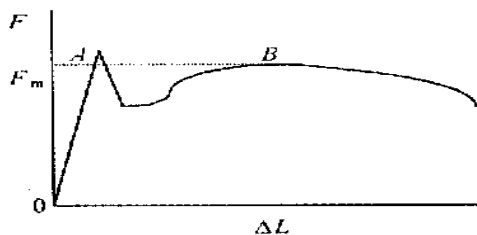


图 1 B 点对应的力为最大力 F_m

Fig. 1 The force which the point B corresponding is the maximum force F_m

就是说新标准定义的下屈服强度 R_{eL} 包含了原 s 和 s_L 两种性能。

5.2 术语

因为国际标准采用了延伸(extension)和伸长(elongation)两个近义术语,国标中也相应地采用了这两近义术语。可以理解为拉伸试验时在引伸计标距(L_o)上的伸长称为延伸,在试样标距(L_o)上的伸长称为伸长。它们并无本质区别,而且完全可以通过测定延伸方法来测定伸长。

6 性能名称和符号

6.1 名称

新标准中定义了 12 种可测拉伸性能,其中 10 种性能的名称与修订前原标准的名称有差异。表 1 列出了新旧标准的性能名称及其符号。

表 1 新旧标准性能名称对照

Tab. 1 The contrast of the terms of mechanical property between the new and old national standard

GB/ T228 - 2002		GB/ T228 - 1987	
性能名称	符号	性能名称	符号
-	-	屈服点	s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服点	s_U
下屈服强度	R_{eL}	下屈服点	s_L
规定非比例延伸强度	R_p	规定非比例伸长应力	p
规定总延伸强度	R_t	规定总伸长应力	t
规定残余延伸强度	R_r	规定残余伸长应力	r
抗拉强度	R_m	抗拉强度	b
屈服点延伸率	A_e	屈服点伸长率	s
最大力总伸长率	A_{gt}	最大力下的总伸长率	gt
最大力非比例伸长率	A_g	最大力下的非比例伸长率	g
断裂总伸长率	A_t	-	-
断后伸长率	A	断后伸长率	
断面收缩率	Z	断面收缩率	

新标准没有定义与旧标准相对应的屈服点() 这一性能,所以不再有相应的性能名称及其符号相对应。

6.2 符号

对于强度性能的主符号,新标准用英文字母 R 代替旧符号的 ;对于延性性能的主符号,新标准用字母 A 代替旧符号的 ,用字母 Z 代替旧符号的 ,见表 1。

应特别注意新、旧标准对于断后伸长率符号表示的差异:

GB/ T228 - 2002	GB/ T228 - 1987
A	5
$A_{11.3}$	10
$A_{x\text{mm}}$	$x\text{mm}$

符号 A (不标注下脚注)表示用比例系数 $k = 5.65$ 的比例标距测定的断后伸长率;用其他比例系数的比例标距或非比例标距测定的断后伸长率时,符号 A 应分别标注下脚注说明所使用的比例系数值和非比例标距的长度,例如 $A_{11.3}$ 和 $A_{100\text{mm}}$ 。

标准中对各强度性能所对应的力的符号未全部具体规定,但规定了力的符号用 F 表示和规定了最大力符号 F_m 。因此,建议在试验报告和试验纪录中采用下列的力符号:

F_{cH} (上屈服力)

F_{eL} (下屈服力)

F_p (规定非比延伸力,例如 $F_{p0.2}$)

F_t (规定总延伸力,例如 $F_{t0.5}$)

F_r (规定残余延伸力,例如 $F_{r0.2}$)

GB/ T228 - 2002 采用了国际标准的性能符号,鉴于目前相关的产品标准还不能同步修订的状况,为了避免出现混乱,建议:在过渡期内,试验报告可以在新的性能名称及其符号之后的括号内写出旧符号,例如:

上屈服强度 R_{cH} (s_U),下屈服强度 R_{eL} (s_L),抗拉强度 R_m (b),规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ ($p_{0.2}$),断后伸长率 A (s),断面收缩率 Z (),等。

7 单位

标准中规定采用的单位是国际单位制单位(SI 单位)。应力单位 N/mm^2 和 MPa ,都是国际单位制的倍数单位,两者都是我国规定的法定计量单位。标准中,应力单位采用了 N/mm^2 ,而 $1N/mm^2 = 1MPa$,如果报告中使用了应力单位 MPa ,不认为是

错误。但从标准的归一化意义上来说,应力单位应采用 N/mm^2 。

8 试样

8.1 取样的部位、方向和数量

样坯的切取部位、方向和数量应按照相关产品标准或 GB/ T2975 - 1998 或协议的规定。对于钢产品,应在外观及尺寸合格的钢产品上切取样坯,取样时,应对抽样产品、试料、样坯及试样作出标记,以保证始终能识别取样的位置和方向。切取样坯时应防止过热、加工硬化而影响拉伸力学性能,应留有足够的机加工余量。取样方法参见 GB/ T2975 - 1998。

8.2 机加工试样和不经机加工试样

应按照相关产品和协议的规定,采用机加工试样或采用不经机加工的试样。如果未作具体规定,一般在材料尺寸足够时机加工成带头试样。

机加工试样的尺寸公差和形状公差应分别按照标准中附录 A 的表 A3 和附录 B 的表 B4 要求;机加工表面粗糙度按照标准中图 10、图 11 或图 13 规定的要求。

8.3 试样的横截面形状和尺寸

相关产品标准或协议根据产品的形状和尺寸,可按标准中附录 A ~ D 所规定试样的形状和尺寸,特殊产品可以规定其它不同的试样。试样横截面的形状一般可为圆形、矩形、弧形和环形,特殊情况可以为其它形状。标准中的附录 A ~ D 按照产品的形状规定了主要的试样类型:

附录 A:规定厚度 $0.1\text{mm} \sim < 3\text{mm}$ 薄板和薄带产品用的矩形横截面试样;

附录 B:规定厚度 3mm 板材和扁材以及直径或厚度 4mm 线材、棒材和型材用的圆形和矩形横截面试样;

附录 C:规定直径或厚度 $< 4\text{mm}$ 线材、棒材和型材用的不经机加工试样;

附录 D:规定管材用弧形横截面和环形横截面试样。

试样的横截面形状和试样的尺寸都对性能测定有影响,尤其对断后伸长率和断面收缩率有明显影响。

8.4 厚度减薄试样及机加工圆形横截面试样

厚度 $> 25\text{mm}$ 的产品,试验机能力不足时,经协议可以机加工成圆形横截面试样,或单边减薄至厚度 25mm 矩形横截面试样。

8.5 试样原始标距(L_0)

试样标距分为比例标距和非比例标距两种,因而有比例试样和非比例试样之分。凡试样标距与试样原始横截面积有以下关系的,称为比例标距,试样称为比例试样

$$L_0 = k \sqrt{S_0} \quad (1)$$

式中 k ——比例系数

S_0 ——原始横截面积

非比例标距(也称定标距)与试样原始横截面积不存在式(1)的关系。如果采用比例试样,应采用比例系数 $k = 5.65$ 的值,因为此值为国际通用,除非采用此比例系数时不满足最小标距 15mm 的要求。在必须采用其他比例系数的情况下, $k = 11.3$ 的值为优先采用。

产品标准或协议可以规定采用非比例标距。

不同的标距对试样的断后伸长率的测定影响明显。

8.6 试样平行长度(L_c)

试样平行长度应大于试样标距,规定的范围如下:

带头的圆形横截面试样: $L_c = L_0 + d/2$,仲裁试验, $L_c = L_0 + 2d$;

不带头的圆形横截面试样: $L_c = L_0 + 3d$ (夹头间的自由长度);

带头的矩形和弧形横截面试样: $L_c = L_0 + 1.5 \sqrt{S_0}$,仲裁试验, $L_c = L_0 + 2 \sqrt{S_0}$ 。

不带头的矩形和弧形横截面试样: $L_c = L_0 + 3b$ (夹头间的自由长度);

薄板用带头的矩形横截面试样: $L_c = L_0 + b/2$,仲裁试验, $L_c = L_0 + 2b$;

薄板用不带头的矩形横截面试样: $L_c = L_0 + 3b$ (夹头的自由长度)。

8.7 试样过渡半径(r)

试样的过渡半径在附录 A、B 和 D 中规定如下:

薄板用矩形横截面试样: $r \geq 20\text{mm}$;

圆形横截面试样: $r \geq 0.75d$;

矩形和弧形横截面试样: $r \geq 12\text{mm}$ 。

试样过渡半径对试样的断裂位置有影响,对于延性差、脆性断裂敏感于应力集中的材料,建议过渡半径取较大的值。

8.8 矩形横截面试样的宽厚比

试样的宽厚比影响性能的测定,尤其影响延性性能的测定。标准中附录 B 推荐的宽厚比范围为

不超过 8:1,但应注意,这一宽厚比范围不适用于薄板和薄带(厚度 0.1mm ~ <3mm)的试样。

8.9 带头和不带头试样

虽然机加工不带头试样可以降低成本,但容易在夹头端部附近处发生断裂,影响性能测定,甚至使试验无效。因此建议:

凡从冶金产品上切取样坯机加工的试样,一般机加工成带头试样,除非产品标准明确规定采用不带头试样或材料不足够。

具有恒定横截面的产品,如相关产品标准规定了采用其产品的部分不经机加工的试样,应遵照其规定。如果未具体规定,建议材料尺寸足够时机加工成带头试样。

8.10 新旧标准试样编号的对照

新标准相对旧标准减少了试样数目,试样编号作了调整,新旧标准的试样编号见表 2。

表 2 新旧标准的试样编号对照

Tab. 2 The contrast between the new specimen number and the old one

试样	GB/ T228 - 2002		GB / T6397 - 1986	
	$k = 5.65$	$k = 11.3$	$k = 5.65$	$k = 11.3$
圆形试样	R1 ~ R8	R01 ~ R08	R1 ~ R8	R01 ~ R08
	R9	-	R17	-
	R10	-	R18	-
	-	-	R9 ~ R16	-
	P1	P01	P1	P01
	P2	P02	P6	P06
	P3	P03	P2	P02
	P4	P04	P4	P04
矩形试样	P5(非比例)	-	P8(非比例)	-
	P6(非比例)	-	P9(非比例)	-
	P7	P07	P6	P06
	P8	P08	P2	P02
	P9	P09	P3, P4	P03, P04
	P10	P010	P7	P07
	P11	P011	P5	P05
	P12(非比例)	-	-	-
	P13(非比例)	-	-	-
	P14(非比例)	-	P11(非比例)	-
	P15(非比例)	-	P10(非比例)	-
	P16(非比例)	-	-	-
异形试样	S1 ~ S8	S01 ~ S08	S1 ~ S8	S01 ~ S08

(待续)

标准化

GB/ T228 - 2002 实施要点(续)

IMPLEMENTATION MAIN POINTS OF CHINA NATIONAL STANDARD
GB/ T228 - 2002 (TO BE CONTINUED)

梁新邦

(北京钢铁研究总院, 北京 100081)

中图分类号: T-652.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-4012(2004)02-0093-04

9 试样原始横截面积的测量

9.1 测量的准确度要求

要求测量出最小原始横截面积 (S_0)。以实测的横截面尺寸计算试样原始横截面积。除非相关产品标准或协议另有规定,不采用标称横截面积。测量准确度要求:

薄板和薄带用矩形试样:横截面积准确度 $\pm 2\%$

不经机加工试样:横截面积准确度 $\pm 1\%$

机加工圆形和矩形试样:每个横截面尺寸准确度 $\pm 0.5\%$

机加工弧形试样和环形试样(圆管段试样):横截面积准确度 $\pm 1\%$

9.2 量具或尺寸测量仪器的选择

试样横截面积测定的准确性受多种因素的影响,而量具的分辨力是主要因素之一。建议按照标准中表 3 的要求选择量具或尺寸测量仪器的测量分辨力,以使面积测定准确度有保证。

按照国家计量标准 JJ G1001 - 1991 的定义,分辨力(resolution)定义为:“指示装置对紧密相邻量值有效分辨的能力。注:一般认为模拟式指示装置的分辨力为标尺分度值的一半,数字式指示装置的分辨力为末位数的一个数码”。例如,卡尺的游标分度值为 0.02mm,则其分辨力为 0.01mm。

9.3 测量部位和方法

(1) 对于圆形横截面的试样,在其标距的两端及中间三处横截面上相互垂直的两个方向测量直径,取其平均直径计算面积,取三处测得的最小值为试样的原始横截面积。

(2) 对于矩形和弧形横截面试样,在其标距的两端及中间三处横截面上测量厚度(或壁厚)和宽度,取三处测得的最小横截面积为试样的原始横截面积。

(3) 对于环形横截面试样(圆管段试样),在其一端相互垂直的方向测量外直径和四处的壁厚,以平均外径和平均壁厚计算的横截面积为试样的原始横截面积。

9.4 称重方法测定原始横截面积

具有名义上恒定横截面的试样,可以用称重方法测定其横截面积。但这种方法测定的是平均横截面积,因此建议在报告中注明为称重方法测定。

试样长度测量准确度: $\pm 0.5\%$

试样质量测定准确度: $\pm 0.5\%$

试样的材料密度:至少取 3 位有效数字

9.5 原始横截面积的计算值

因为原始横截面积数值是中间数据,不是试验结果数据,所以,如果必须要计算出原始横截面积的值时,其值至少保留 4 位有效数字。计算时,常数应至少取 4 位有效数字。

对于圆管的弧形试样, $b/D \geq 0.25$ 时用标准中的式(D1)计算; $b/D < 0.25$ 时用标准中的式(D2)计算;式(D1)严格准确,式(D2)为近似准确的公式,但与式(D1)的误差不大,可以忽略。建议, $b/D < 0.17$ 时也可采用式(D2)计算,以保证计算误差在可忽略的范围内。

10 原始标距的标记

试样比例标距的计算值应修约到最接近 5mm 的倍数,中间数值向较大一方修约。标记原始标距

的准确度应在 $\pm 1\%$ 以内。由于标记试样标距装置的检验尚无相应标准,因此,建议试验室应自行检查其准确度。可以用小冲点、细划线或细墨线做标记,标记应清晰,试验后能分辨,不影响性能的测定。

对于带头试样,原始标距应在平行长度的居位置上标出。

11 平行长度的测量

一般不测试样的平行长度,但如采用力-夹头位移方法测定规定非比例延伸强度时,必须在试验前测出平行长度,准确度在 $\pm 1\%$ 以内。不应采用平行长度的标称值,除非实际值能保证准确到 $\pm 1\%$ 以内。

12 试验设备准确度级

12.1 引伸计

引伸计是测延伸用的仪器。应把引伸计看成是一个测量系统(包括位移传感器、记录器和显示器)。引伸计应符合 GB/T12160-2002 规定的准确度级,并按照该标准要求定期进行检验。引伸计的分级见表 3。

表 3 引伸计的分级

Tab. 3 Classification of the extensometer

引伸计 级别	引伸计(最大值)					
	标距相对		分辨率 ¹⁾		系统误差 ¹⁾	
	误差	读数的百分数	绝对值	相对误差	绝对误差	
	$q_L(\%)$	$r/l_i(\%)$	$r/\mu\text{m}$	$q(\%)$	$(l_i - l_f)/\mu\text{m}$	
0.2	± 0.2	0.10	0.2	± 0.2	± 0.6	
0.5	± 0.5	0.25	0.5	± 0.5	± 1.5	
1	± 1.0	0.50	1.0	± 1.0	± 3.0	
2	± 2.0	1.0	2.0	± 2.0	± 6.0	

注:1) 取其中较大者。

每一引伸计级别包含 3 项内容,即标距误差、系统误差和分辨率。引伸计的检验应包括这 3 项内容。

标准中规定,测定不同性能时,使用不同级别的引伸计,测定上屈服强度、下屈服强度、屈服点延伸率、规定总延伸强度、规定非比例延伸强度、规定残余延伸强度和规定残余延伸强度的验证试验使用不劣于 1 级准确度的引伸计;测定其它具有较大延伸率的性能,例如抗拉强度、最大力总伸长率、最大力非比例伸长率、断裂总伸长率和断后伸长率等,应使用不劣于 2 级准确度的引伸计。

在这里顺便说明,在使用引伸计系统测定性能时,标准中没有规定放大倍数的下限,是因为引伸计级别里规定了分辨率的要求,这就间接地起到了对

最小放大倍数的限定。

12.2 试验机

试验机应符合 GB/T16825-1997 规定的准确度级,并按照该标准要求检验。测定各强度性能均应采用 1 级或优于 1 级准确度的试验机。试验机的分级见表 4。

表 4 试验机的分级(最大允许值)

Tab. 4 Classification of the testing machine %

试验机 级别	示值相 对误差	示值重复 性相对误差	示值回程 相对误差	零点相对 误差	相对 分辨率
	q	b	u	f_0	a
0.5	± 0.5	0.5	0.75	± 0.05	0.25
1	± 1.0	1.0	1.5	± 0.1	0.5
2	± 2.0	2.0	3.0	± 0.2	1.0
3	± 3.0	3.0	4.5	± 0.3	1.5

注:示值回程(可逆性)相对误差应在要求时进行检验。

试验机的每一准确度级都包含 5 项内容,应按照国家 GB/T16825-1997 的要求进行检验。其中示值回程相对误差在有要求时才进行检验,其他 4 项应进行定期检验,经检验合格后的试验机方能使用。应以拉力方式检验,对于大吨位试验机,若采用压力方式检验,应在检验报告中注明。

13 试验速率

试验速率对性能的测定有明显影响。新、旧标准对试验速率的规定主要不同之处有两方面,新标准规定的弹性应力速率允许范围比旧标准的宽和高,见表 5。对于测定规定强度(R_p , R_t , R_f),增加了在塑性范围的应变速率不超过 0.002 5/s 的要求。对于抗拉强度的试验速率,规定应变速率不超过 0.008/s(相当夹头分离速率 0.48 L_c/min),与旧标准规定夹头分离速率不超过 0.5 L_c/min 的要求有所不同。

表 5 新、旧标准规定的应力速率对照

Tab. 5 The contrast of the stress rate between the new and old national standard $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

材料弹性 模量 E	GB/T228-2002		GB/T228-1987	
	最小	最大	最小	最大
< 150000	2	20	1	10
150000	6	60	3	30

13.1 测定 R_{eH} 的试验速率

在弹性范围和直至上屈服强度,弹性应力速率

应符合表 5(即标准中的表 4)规定的要求,并尽可能保持恒定。

13.2 测定 R_{eL} 的试验速率

试样平行长度的应变速率应在 $0.000\ 25/s \sim 0.002\ 5/s$ 之间。平行长度内的应变速率应尽可能保持恒定。如不能直接调节这一应变速率,应通过调节屈服即将开始前的应力速率来调整,在屈服完成之前不再调节试验机的控制。任何情况下,弹性范围内的应力速率不得超过表 5 规定的最大速率。

13.3 测定规定强度 R_p , R_t 和 R_r 的试验速率

屈服前的弹性应力速率应符合表 5 规定的要求,并尽可能保持恒定,进入塑性范围和直至规定强度应变速率不应超过 $0.002\ 5/s$ 。如果不能调节这一应变速率,应调节屈服前弹性应力速率不超过表 5 规定的最大速率,直至规定强度测定,不再调节试验机的控制。

13.4 测定 R_m 的试验速率

在塑性范围,平行长度的应变速率应不超过 $0.008/s$ (相当于夹头分离速率 $0.48L/\min$)。如果在同一试验中不测定屈服性能,允许在弹性范围达到塑性范围的最大应变速率(虽然,此种情况下弹性阶段的应力速率可能超过表 5 规定的最大值)。

13.5 测定 A_e 的试验速率

按照测定 R_{eL} 的试验速率。

13.6 测定 A_{gt} , A_g , A_t , A 和 Z 的试验速率

按照测定 R_m 的速率要求。

13.7 弹性范围内应力速率与应变速率的等效换算

在假定金属材料的弹性阶段应力与应变符合虎克定律的前提下,可以利用虎克定律关系进行应力速率与应变速率的等效换算,以使用位移速率控制型的试验机做应力速率控制试验,用加力速率控制型的试验机做应变速率控制试验

$$\dot{\sigma} = \left(\frac{E}{L_c}\right) V_1 \quad (2)$$

$$\dot{\epsilon} = \left(\frac{1}{ES_0}\right) V_2 \quad (3)$$

式中 $\dot{\sigma}$ ——应力速率

$\dot{\epsilon}$ ——应变速率

E ——弹性模量

L_c ——试样平行长度

S_0 ——试样原始横截面积

V_1 ——位移速率(等于 $\dot{\sigma} L_c$), mm/s

V_2 ——加力速率(等于 $\dot{\epsilon} E S_0$), N/s

应注意,由于试验机的柔度和间隙存在,致使按理论计算得到的应力速率和应变速率比试验机上的实测值低。

14 性能的测定

标准中共定义了 12 种可测的拉伸性能,即六种延性性能 A , A_e , A_{gt} , A_g , A_t 和 Z ,六种强度性能 R_{eH} , R_{eL} , R_p , R_t , R_r 和 R_m 。

14.1 断后伸长率 A 的测定

(1) 人工方法 试验前在试样平行长度上标记出原始标距(误差 $\pm 1\%$)和标距内等分格标记(一般标记 10 个等分格)。试验拉断后,将试样的断裂处对接在一起,使其轴线处于同一直线上,通过施加适当的压力以使对接严密。

用分辨力不劣于 0.1mm 的量具测量断后标距,准确到 $\pm 0.25\text{mm}$ 以内。建议:断后标距的测量应读到所用量具的分辨力,数据不进行修约,然后计算断后伸长率。

如果试样断在标距中间 $1/3L_0$ 范围内,则直接测量两标点间的长度;如果断在标距内,但超出中间 $1/3L_0$ 范围,可以采用移位方法(见标准中附录 F)测定断后标距。

如果试样断在标距中间 $1/3L_0$ 范围以外,而其断后伸长率符合规定最小值要求,则可以直接测量两标点间的距离,测量数据有效而不管断裂位置处于何处。如果断在标距外,而且断后伸长率未达到规定最小值,则结果无效,需用同样的试样重新试验。

(2) 图解方法(包括自动方法) 用引伸计系统记录力-延伸曲线,或采集力-延伸数据,直至试样断裂。读取或判读断裂点的总延伸,扣除弹性延伸部分后得到的非比例延伸作为断后伸长。扣除的方法是,过断裂点作平行于曲线的弹性直线段的平行线交于延伸轴,交点即确定了非比例延伸,见标准中的图 1。

引伸计的标距应等于试样的原始标距,可以不在试样上标出原始标距(但建议标出)。建议,当断后伸长率 $< 5\%$ 时,使用不劣于 1 级引伸计; 5% 时,使用不劣于 2 级引伸计。原则上断裂在引伸计标距范围内测量方为有效,但断后伸长率达到规定最小值要求时,无论断于何处测量均为有效。

仲裁试验协议选定其中一种方法。目前,自动方法还不能采用移位方法。

(3) 对于不经机加工的等横截面试样,如平行长度比其标距长许多,可以标记多组相互套叠的原始标距,部分可以伸入夹持范围。拉断后,在断裂所

在这组标距上测定断后伸长率。

(4) 材料的断后伸长率 $< 5\%$ 时,建议采用标准中的附录 E 方法或采用图解方法测定。

14.2 断裂总伸长率 A_t 的测定

仅采用图解方法(包括自动方法)。引伸计标距应等于试样标距。建议,若断裂总延伸率 $< 5\%$ 时,使用不劣于 1 级引伸计; 5% 时,使用不劣于 2 级引伸计。试验时记录力-延伸曲线或采集力-延伸数据,直至断裂。以断裂点的总延伸计算 A_t 。

14.3 最大力总伸长率 A_{gt} 和最大力非比例伸长率 A_g 的测定

(1) 图解方法(包括自动方法) 引伸计标距应等于或近似等于试样标距。建议,当最大力总延伸率 $< 5\%$ 时,使用不劣于 1 级引伸计; 5% 时,使用不劣于 2 级引伸计。试验时记录力-延伸曲线或采集力-延伸数据,直至超过最大力点。

取最大力点的总延伸计算 A_{gt} 。从最大力总延伸中扣除弹性延伸部分得到非比例延伸,扣除的方法见标准中的图 1 所示。用得到的非比例延伸计算 A_g 。当曲线在最大力呈现一平台时,应以平台的中点作为最大力点,见标准中的图 1。

(2) 人工方法 标准中的附录 G 提供了人工测定 A_{gt} 和 A_g 的方法,但仅适用于棒材、线材和条材等长产品,而且要提供(或通过测定)材料的弹性模量 E 方能进行结果的计算,测定方法见标准中的附录 G。

14.4 屈服点延伸率 A_e 测定

仅采用图解方法(包括自动方法)。引伸计标距应等于或接近试样标距(报告中应注明引伸计标距),使用不劣于 1 级准确度的引伸计。试验时,记录力-延伸曲线或采集力-延伸数据,直至超过屈服阶段结束点(即加工硬化开始点)。经过屈服阶段结束点作平行于曲线的弹性直线段的平行线,交于延伸轴,读取交点的非比例延伸计算 A_e ,见标准中的图 6。

如屈服阶段结束点不易于判别,可以经过屈服阶段最后一个谷点作切线(即水平线),然后延长加工硬化初始段的斜率线,此两线的交点作为屈服阶段结束点。

15 上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL} 的测定

(1) 图解方法(包括自动方法) 引伸计标距应 $1/2L_0$ 。引伸计和试验机应不劣于 1 级准确度。试验速率按 13.1 和 13.2 的要求。记录力-延伸曲线或力-位移曲线,或采集力-延伸(位移)数据,直至

超过屈服阶段。

按照定义在曲线上判定上屈服力和下屈服力的位置点,判定下屈服力时要排除初始瞬时效应的影响。上、下屈服力判定的基本原则如下:

屈服前的第一个峰值力(第一个极大力)判为上屈服力,不管其后的峰值力比它大或小。

屈服阶段中如呈现两个或两个以上的谷值力,舍去第一个谷值力(第一个极小值力),取其余谷值力中之最小者判为下屈服力。如只呈现一个下降谷值力,此谷值力判为下屈服力。

屈服阶段中呈现屈服平台,平台力判为下屈服力。如呈现多个而且后者高于前者的屈服平台,判第一个平台力为下屈服力。

正确的判定结果应是下屈服力必定低于上屈服力。

上述 4 条基本原则应该说是十分重要的,不仅对人工判定方法,而且对自动化测定方法中测定程序的编制有帮助。以测得的上和下屈服力分别计算 R_{eH} 和 R_{eL} 。

(2) 指针方法 试验时试验人员要注视试验机测力表盘指针的指示,按照定义判读上屈服力和下屈服力。当指针首次停止转动,指示保持恒定的力判为下屈服力;指针首次回转前指示的最大力判为上屈服力;当指针出现多次回转,则不考虑第一次回转,而读取其余这些回转指示的最小力判为下屈服力;当仅呈现 1 次回转,则判读回转的最小力为下屈服力。以测得的上、下屈服力分别计算 R_{eH} 和 R_{eL} 。

(3) 注意几点 材料呈现明显屈服状态(不连续屈服状态)时,相关产品标准应规定或说明测定上屈服强度,或下屈服强度,或两者。当相关产品标准未明确规定和说明时,测定上屈服强度和下屈服强度并报告;只呈现单一屈服状态(呈现单一屈服平台)的情况测定为下屈服强度并报告;若无异议,可仅测定下屈服强度并报告。

当规定了要求测定屈服强度性能,但材料在实际试验时并不呈现出明显屈服状态,而呈现出连续的屈服状态,此种情况材料不具有可测的上屈服强度和(或)下屈服强度性能。建议测定规定非比例延伸强度($R_{p0.2}$),并注明无明显屈服。

有可能出现上述情况的材料,建议相关产品标准在规定要求测定屈服强度时,应进一步说明“当出现无明显屈服时测定规定非比例延伸强度($R_{p0.2}$)”。

(下转第 99 页)

制在 0.003 0 % 以下,氮控制在 0.006 0 % 以下。在一些钢材标准中要求氧 0.002 0 %,为了满足这类要求,一些企业自己制订低氧含量的测试标准进行生产检验,在实际操作中经常由于氧超标造成钢种改判。产生这一问题的原因,一是有些标准要求过严;二是检验分析误差可能造成超标。

以钢轨钢为例,我国现行钢轨标准对氧不作要求,而正在修订的国家标准要求氧 < 0.003 0 %。还有对高速轨标准(暂行条件)要求氧 < 0.002 0 %。之所以这样规定是为了尽可能减少钢中的氧化物夹杂,确保钢质纯净。但对高速轨的使用影响较大的首先是钢轨的尺寸精度和平直度,其余性能指标与普通轨相同,因此,建议对于氧含量在 0.002 0 % ~ 0.003 0 % 范围内的炉号应辅以性能和金相(夹杂物级别)检验作最终确定改判与否比较科学,这样可以减少许多不必要的损失。当然,钢轨是关系到国家和人民生命财产安全的风险产品,对其性能规定的标准作任何修改都应慎而又慎。这一点尚有待于钢轨生产和使用部门的共同研究和磋商。

对氮含量的检验也是如此,国内钢轨标准一般不要求对氮含量的检验。国外一些钢材标准^[4]往往只给出产品的性能要求而化学成分则不作严格限制。笔者认为应当对气体含量(氧、氮)小范围超标的炉次在成品上进行综合性能检验,若各项指标均

合格则应作为合格品,这样可极大降低改判率。同时在制订标准和企业生产规程时,对有些元素不应做刻意的要求,而应根据产品的用途、性能的综合评价制订一个合理的成分范围,以便合理地组织生产。

3 几点建议

(1) 为了使我国钢材产品生产符合市场要求,应对现有钢材产品标准、检验标准、测试方法进行相应修订,合理地吸收国外同类标准的经验,同时屏弃国外标准中那些不切实际的要求,扬长避短。

(2) 钢材产品的最终评价应以各项性能指标为依据,当产品的各项性能指标达到要求时,个别元素超标应当采取一个合理的评判方法,使其达到能够使用和交货的产品,真正做到物尽其用。

参考文献:

- [1] 刘国勋. 金属学原理[M]. 北京:冶金工业出版社, 1980. 183.
- [2] ISO 4948/2 - 1981, 高屈服强度扁钢材[S].
- [3] ISO 4951 - 1979, 高屈服强度棒材和型材[S].
- [4] 冶金工业部情报标准研究所. 套管、油管和钻杆[M]. 北京:冶金工业情况标准研究所, 1985.
- [5] 冶金工业部科技情报产品标准研究所. 合金钢手册上册第一分册[M]. 北京:中国工业出版社, 1971.
- [6] 董志洪. 高技术铁路与钢轨[M]. 北京:冶金工业出版社, 157.

(上接第 96 页)

当材料屈服期间力并无呈现下降或保持恒定,而是呈缓慢上升状态,只要能够分辨出力始终处在增加,尽管增加的量不大,这种状态判为无明显屈服状态,如图 2 所示。建议测定 $R_{p0.2}$ 并报告。

仲裁试验采用图解方法。

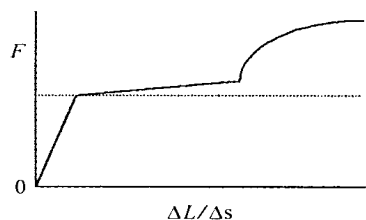


图 2 屈服期间力始终保持缓慢上升

Fig. 2 The force keeping increased slowly in yielding period from beginning to end

(4) 上、下屈服力判定示例 图 3 示出了几种典型屈服曲线类型和判定上、下屈服力。

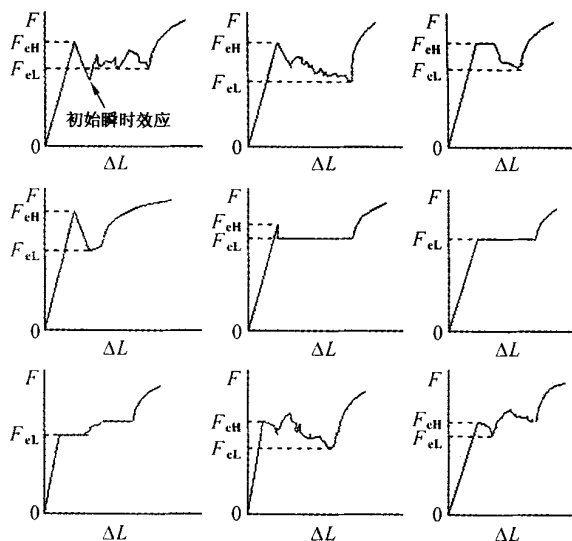


图 3 上、下屈服力的判定示例

Fig. 3 The judgement examples for upper and lower yielding force

(待续)

标准化

GB/ T228 - 2002 实施要点(续)

IMPLEMENTATION MAIN POINTS OF CHINA NATIONAL STANDARD GB/ T228 - 2002 (TO BE CONTINUED)

梁新邦

(北京钢铁研究总院, 北京 100081)

中图分类号: T-652.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-4012(2004)03-0150-06

16 规定非比例延伸强度 R_p 的测定

标准中保留了旧标准中的四种方法,删去了逐级施力的人工方法。四种方法都是图解方法(包括自动方法)。

(1) 常规平行线方法 此方法仅适用于具有弹性直线段的材料测定 R_p ,使用的试验机和引伸计均应不劣于 1 级准确度,引伸计标距 $1/2L_0$,试验时弹性应力速率按标准中的表 4 要求,在进入塑性范围和直至 F_p 应变速率不超过 $0.0025/s$ 。试验时,记录力-延伸曲线或采集力-延伸数据,直至超过 R_p 对应的力 F_p 。在记录得到的曲线图上图解确定规定非比例延伸力 F_p ,进而计算 R_p ,见图 4 所示。

(2) 滞后环方法 此种方法仅仅适用于不具有明显弹性直线段的材料测定 R_p ,对于试验机、引伸计和试验速率的要求,与常规平行线方法相同。试验时,对试样施加力,同时记录力-延伸曲线或采集力-延伸数据,加力至超过预期的规定非比例延伸强度后,将力卸除至约为所加力的 10%,接着再施力直至进入力-延伸曲线的包迹线范围。正常情况下会画出一个完整的滞后环。然后经过滞后环两端点划直线和作该直线的平行线确定 F_p ,进而计算 R_p ,见图 5 所示。

由于卸力点是预估的,目前还无预示卸力点的准确方法,只能凭经验确定。这就有可能在达到实际 F_p 点之前就已知卸力的情况,造成滞后环的两端点连线处于过 C 点所作平行线的左侧,如图 6 和图 7 所示,遇到此情况,应以平行线与曲线的包迹线(图中虚线)的交点 B 的力为 F_p 。包迹线是指该材料试样一

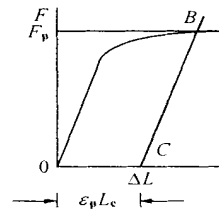


图 4 平行线方法测定 F_p
Fig. 4 Determination F_p with the parallel line method

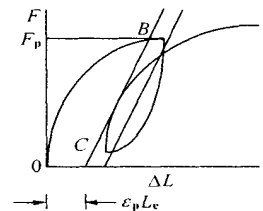


图 5 滞环方法测定 F_p
Fig. 5 Determination F_p with the hysteresis loop method

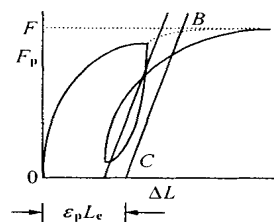


图 6 包迹线交点确定 F_p
Fig. 6 Determination F_p with the method of the point of intersection for trajectory

次拉伸试验所呈现的曲线。在实际中,可以将卸力点与其右侧曲线光滑连接至逐渐重合得到。

是否可以在大大地超过实际的规定非比例延伸强度点后才卸力,以确保滞后环处于平行线的右侧。这不可取,因为滞后环两端点连线的斜率随拉伸应变量的增加而变小,会造成测定的 R_p 偏高。

(3) 逐步逼近方法 此方法适用于具有和不具

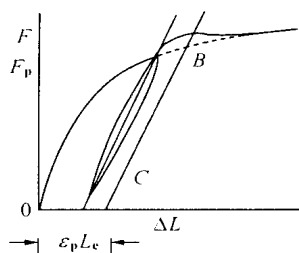


图7 包迹线交点确定 F_p

Fig. 7 Determination F_p with the method of the point of intersecation for trajectory

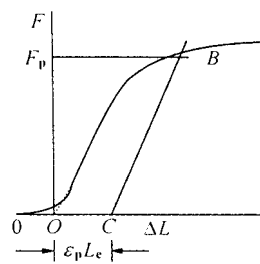


图9 力-夹头位移测定 F_p

Fig. 9 Determination F_p with the method of force-corshead displacement

有明显弹性直线段的材料测定 R_p 。此种方法对于试验机、引伸计和试验速率的要求,与常规平行线方法的相同。试验时,记录力-延伸曲线或采集力-延伸数据,至少直至超过 $F_{p0.2}$,甚至可以记录到抗拉强度点,按标准中的附录 H(见图 8)确定 $F_{p0.2}$,进而计算 $R_{p0.2}$ 。最后逼近得到确定 $F_{p0.2}$ 的斜率线,可以将其用于确定其它规定非比例延伸力 F_p 。

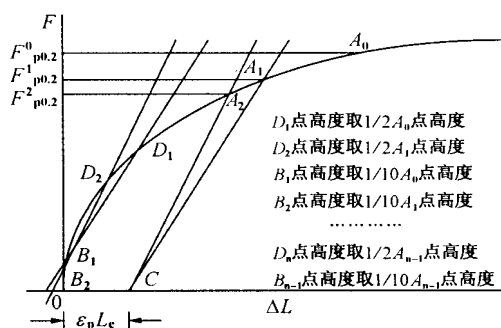


图8 逐步逼近方法测定 F_p

Fig. 8 Determination F_p with the method of step by step approach

由于逐步逼近方法既适用于具有和不具有明显弹性直线段的材料测定 R_p ,因而此种方法尤其对自动化测定 R_p 有用,而且逼近的开始点可取最大力点。

(4) 力-夹头位移方法 此种方法适用于具有明显弹性直线段的材料,且仅允许用于测定规定非比例延伸率 0.2% 的规定非比例延伸强度 R_p 。此方法对于试验机、引伸计和试验速率的要求与常规平行线方法相同,但测位移的引伸计的计算标距为试样的平行长度 L_c 。引伸计可装卡于两夹头间或横梁与立柱之间。试验时,记录力-夹头位移曲线,直至超过 F_p 。然后作平行线确定 F_p 的值,进而计算 R_p ,见图 9 所示,图中 $OC = \epsilon_p L_c$ 。

此种方法测定的 R_p 为近似准确。因为夹头位

移(或横梁位移)不是仅仅由试样的平行长度的延伸所产生,而是包括了试样链的非弹性变形和链接间隙等,也包括了试样过渡弧的非比例变形。因此,测得的 R_p 可能会偏低。但此种方法可以免去每次在试样上装卡引伸计的程序,提高了试验工作的效率,有利于大批量试样的试验。但仲裁试验不采用此种方法。

(5) 相关提示 相关产品标准或协议规定 R_p 性能时,应说明规定的非比例延伸率。应进行曲线的原点修正。应以规定非比例延伸率对应的应力为所测规定比例延伸强度,而不管在此应力之前出现较高的应力。当材料呈现明显的屈服现象,建议此时测定的屈服强度应注明明显屈服。呈现图 2 的曲线类型,为连续屈服状态,应测定 R_p 。

17 规定总延伸强度 R_t 的测定

(1) 图解方法(包括自动方法) 方法相对较为简单,适用于具有和不具有明显弹性直线段材料测定 R_t 。对试验机、引伸计和试验速率的要求,与测定规定非比例延伸强度的相同。试验时,记录力-延伸曲线或采集力-延伸数据,至少直至超过 F_t 。然后过 C 点作力轴的平行线,交曲线于 B 点,确定 F_t (见图 10),进而计算 R_t 。有时可能需要修正曲线原点。以规定总延伸率对应的应力为规定总延伸强度,不管在此应力之前是否出现高于它的应力。

(2) 人工方法 人工方法至少需两人合作进行,试验前,根据要测定的性能 R_t 计算出应达到的总延伸 $L_t = \epsilon_t L_c$ 。然后在试验时,对试样加力直至总延伸达到 L_t 。此时的力即为 F_t 。

(3) 相关提示 相关产品标准或协议规定 R_t 性能时,应说明规定的总延伸率。

18 规定残余延伸强度 R_r 的验证

此种方法只做一次加卸力循环,适用于大批量

的检验。但此种方法仅能测定试样是否符合标准或规范规定的最小规定残余延伸强度的要求,即判定是否合格,并不能测定其性能的具体数值多少。

验证试验较为简单,对试验机、引伸计和试验速率的要求相同于测定 R_p 的要求。试验时,对试样施加相应于规定残余延伸强度的力,并保持此力 10 ~ 12s 后卸除,验证残余延伸是否超过规定的值 L_r (等于 $\epsilon_r L_e$),见图 11。若超过判为不合格,未超过判为合格。对试样施加的力由试验机示出,残余延伸由装卡在试样的引伸计示出。试验时可以施加适当的预拉力,以消除在零点附近的非线性。

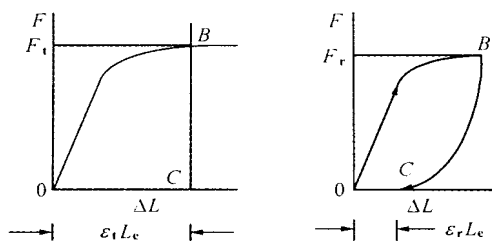


图 10 图解方法测定 F_t
Fig. 10 Determination F_t with the graphic method

图 11 F_r 的验证试验
Fig. 11 The prove test for F_r

19 规定残余延伸强度 R_r 的测定

此种方法能测定试样的规定残余延伸强度的具体数值。测定的方法是基于反复多次递增加卸力循环,每次所施加的力保持 10 ~ 12s(相关产品标准可以规定其不同的时间),测定每次循环完成后试样产生的残余延伸,试验直至测得的残余延伸等于或略为超过规定残余延伸 $L_r = \epsilon_r L_e$,试验终止,见图 12 所示。然后采用线性内插法按式(4)计算出 F_r ,进而计算 R_r 。在有了经验或已知规定残余延伸强度大致的值情况下,第一次加力就可接近预期值。

$$F_r = \frac{(L_n - L_r) F_{n-1} + (L_r - L_{n-1}) F_n}{(L_n - L_{n-1})} \quad (4)$$

每次所施加的力的大小,由所需的总延伸来确定,第 n 次所需的总延伸按下式计算

$$L_n = n (L_r) + \sum_{i=0}^{n-1} (L_{i-1}) \quad (5)$$

$n = 1, 2, 3, \dots$

式中 L_n ——第 n 次加力时要达到的总延伸
 n ——加力次数
——系数,一般取 1.1 ~ 1.2(特殊材料取

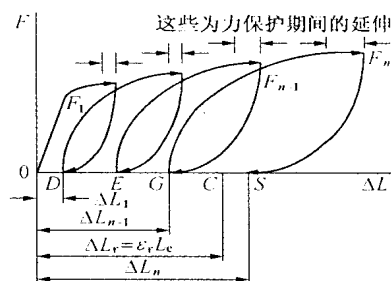


图 12 反复递增施力方法测定 F_r

Fig. 12 Determination F_r with the method of repeated force increased by degress

1.0 或更低),一般取范围的下限但趋向增加循环次数

L_r ——规定残余延伸,等于 $\epsilon_r L_e$

L_{n-1} ——第 $n-1$ 次加卸力循环完成后测得的残余延伸

当 $n=1$ 时,取 $L_0=0$ (因第 1 次加力前试样是无残余延伸的)

标准中的附录 I 作为例子给出了人工方法测定规定残余延伸强度 $R_{r0.2}$ 。直至今日,尚未有测定 R_r 的自动方法。但允许采用符合标准所规定要求的自动测定方法测定 R_r 。

相关提示:相关产品标准或协议规定 R_r 性能时,应说明规定的残余延伸率、力的保持时间、验证或测定。如后两项未具体规定或说明,建议按照力保持时间 10 ~ 12s 进行测定。如规定的力保持时间不是 10 ~ 12s,报告中应注明力的保持时间。试验时,可以施加适当的预拉力,以消除在零点附近的非线性。

20 抗拉强度 R_m 的测定

抗拉强度是金属材料几乎必测的性能项目。在旧标准中,测定抗拉强度比较简单,测出拉伸试验过程中的最高应力便是。但新标准对抗拉强度的定义(见标准中的 4.8 和 4.9.1)与旧标准有所不同。故判定抗拉强度对应的最大力时,不能完全照搬过去习惯的判定方法。可采用两种方法测定抗拉强度。

(1) 图解方法(包括自动方法) 图解方法要求试验机不劣于 1 级准确度,引伸计为不劣于 2 级准确度,引伸计标距不小于试样标距的一半,试验时的应变速率不超过 0.008/s(相当于两夹头分离速率 0.48 L_e /min)。试验时,记录力-延伸曲线或力-位移曲线或采集相应的数据。在记录得到的曲线图上按定义判定最大力,对于连续屈服类型,试验过程中的

最大力判为最大力 F_m ;对于不连续屈服类型,过了屈服阶段之后的最大力判为最大力 F_m ,见图 13 所示,由最大力计算抗拉强度 R_m 。

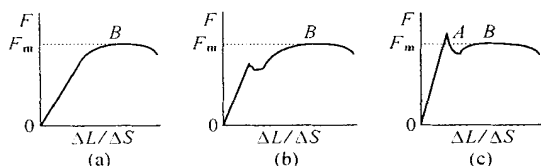


图 13 图解方法测定最大力 F_m

Fig. 13 Determination the maximum force F_m with graphic method

(2) 指针方法 指针方法测定抗拉强度是相对简单的方法。它是通过人工读取试验机指示的最大力,进而计算抗拉强度。由于新标准对最大力的定义与旧标准的不同,所以不能完全借助于被动指针所指示的最大力作为最大力。试验时,应注视指针的指示,对于连续屈服类型,读取试验过程中指示最大的力,对于不连续屈服类型(见图 13 b 和 c),读取屈服阶段之后指示的最大的力作为最大力 F_m ,进而计算抗拉强度 R_m 。对于模拟标度的测力度盘,其分度的间隔宽度 2.5mm 和 < 2.5mm 时,建议分别估读到 1/10 和 1/2 分度值。

21 断面收缩率 Z 的测定

由于试样拉断后在缩颈处的最小横截面形状的复杂性,标准中仅规定了圆形和矩形横截面试样断面收缩率的测定方法。

21.1 圆形横截面试样断面收缩率的测定

圆形横截面试样拉断后缩颈处最小横截面并不一定为圆形横截面形状,但测定的方法基础是建立在假定为圆形横截面形状上。这样,以测定试样原始横截面积与断裂后缩颈处最小横截面积之差与原始横截面积之比计算断面收缩率。

断后最小横截面积的测定应准确到 $\pm 2\%$ 以内。建议按标准中表 3 的要求选用量具。在缩颈最小处两个相互垂直方向上测量直径,取其平均值计算横截面积,必要时,将断裂部分在断裂处对接在一起后进行测量。可以采用式(6)直接计算断面收缩率 Z

$$Z = [1 - (\frac{d_u}{d})^2] \times 100\% \quad (6)$$

式中 d_u ——缩颈处最小直径
 d ——原始直径

21.2 矩形横截面试样断面收缩率的测定

按定义测定,但测定试样断后最小横截面积的方法,是基于一种假设模型并作近似处理,即假定矩形横截面四个边为抛物线型,它的等效横截面积粗略近似为 $S_0 = a_u b_u$,式中 a_u 和 b_u 分别为断裂后缩颈处最小厚度和最大宽度。建议按标准中表 3 的要求选用量具。

由于试样拉断后缩颈处横截面形状的复杂性,因此,3mm 直径以下试样、弧形横截面试样、薄板试样、环形横截面和多边形横截面试样不测其断面收缩率。如果要求,双方协议测定方法。

22 性能测定结果数值的修约

标准中规定 12 种性能测定结果数值的修约要求,见标准中的表 5。其中六种强度性能 R_{eH} , R_{eL} , R_p , R_t , R_r 和 R_m 的修约间隔与旧标准的相同。而六种延性性能 A_e , A_{gt} , A_g , A_t , A_m 和 Z 的测定结果数值的修约要求与旧标准不同,新标准中规定 A_e 的修约间隔为 0.05%,其余五种性能的修约间隔均规定为 0.5%。修约的方法按 GB/T 8170 - 1987。

23 试验结果处理

标准的 22.1 条规定了需做重新试验的两种情况。其一,试样断在标距外或机械刻划的标距标记上,而且断后伸长率低于规定最小值。其二,在试验时,试验设备发生了故障(包括中途停电),影响了试验结果。有上述两种情况之一,试验结果无效,重做相同试样相同数量的试验。

前一种情况的发生,可能是标距标记刻划过重,不适当地损伤了试样表面,引起应力集中,使试样断于该处;也可能是试样的过渡半径偏小,或过渡弧与平行长度的连接不连续光滑而引起应力集中;也可能是由于试样机加工的形位公差在试样平行长度端部附近形成了最小横截面,致使试样断在该处横截面上。如果经常发生断在标距外,可以通过机加工或手工加工方法在形位公差范围内,使平行长度的最小横截面处于标距的中间附近,从而引导断裂发生在中间附近。

如果标距标记是用无损伤试样表面的方法标记的,断在标距标记上,不列入重试范围。如果断在机械刻划的标记上或标距外,但测得的断后伸长率达到了规定最小值的要求,则试验结果有效,无需重试。

如果试样拉断后,显现出肉眼可见的冶金缺陷

(例如分层、气泡、夹渣、缩孔等)或显现两个或两个以上的缩颈情况,应在报告中注明。如果试验后显现肉眼可见的冶金缺陷,而且拉伸性能不合格,建议双方协商重做相同试样相同数量的试验。

24 拉伸曲线图的表示形式

拉伸曲线实质是试验数据和信息的记录。如果无明确的具体规定,拉伸曲线图可以是力-延伸曲线或应力-延伸率曲线(应力-应变曲线),可以为模拟或数字曲线。

25 拉伸试验方法的测量不确定度

25.1 一般概念

新标准提供了试验方法测量不确定度的内容,旧标准是没有的。由于国际标准组织明确规定:“凡与试验技术相关的新标准均应包含不确定度的阐述或包含一种以相关标准规定的误差为基础进行计算试验方法准确度的方法”。因此,近几年制定或修订的一些国际标准,例如布氏硬度试验和拉伸试验等标准,已经规定了不确定度方面的内容和评定方法。我国的试验方法标准也将逐渐包含有不确定度的内容。

测量不确定度是表征测量值的分散性与测量结果相联系的特征参数,是说明测量值的分散特性,但并不说明测量结果是否接近真值或公认的标准值。测量不确定度可以理解为“对测量结果不能肯定的程度,或者对测量结果可信性有效的怀疑程度”。

试验方法的测量不确定度是表征试验方法的精密程度,不确定度的大小反映试验方法的水平高低,是方法的使用者希望知道的。测量不确定度一般分为A类(随机)不确定度分量和B类(系统)不确定度分量,它们的估计方法不同,前者分量是通过一组与观测获得的频率分布近似的概率密度函数估计,后者分量是通过基于事件发生的信任度由假定概率密度函数估计。但两类不确定度分量没有本质区别,都基于统计规律的概率分布,都用标准偏差表示和用方差合成定律进行合成。

原则上,应用严密的计量学和统计学上的有效计算评定测量不确定度,若这在客观上做不到,应尽可能找出所有分量,并依据测量方法的特性和范围,利用以往的经验 and 确认的数据,采用合适的分析方法做出合理的评定。不确定度的评定是严谨复杂的工作。

(1) A类不确定度分量估计 在多个误差因素情况下,设在第*i*个误差因素的随机波动情况下获得一组测量值 x_{ik} ,则第*i*个A类分量用贝塞尔公式估计其标准偏差

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}{n-1}} \quad (7)$$

(2) B类不确定度分量的估计 B类分量的估计方法可以有多种,对于第*j*个未定系统的B类分量,作为其标准偏差的估计为

$$u_j = \frac{e_j}{K_j} \quad (8)$$

式中, K_j 为第*j*个未定系统误差的置信因子。不同的分布其因子不同。

(3) 不确定度的合成

$$U_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 s_i^2 + \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_j}\right)^2 \left(\frac{e_j}{K_j}\right)^2} \quad (9)$$

(4) 扩展不确定度(或总扩展不确定度)

扩展不确定度表示为

$$U = K U_c \quad (10)$$

式中, K 为*n*个A类误差分量和*m*个B类误差分量之和的分布所对应的置信因子。

25.2 拉伸试验方法的测量不确定度评定方法

标准中的附录J提供了一种估计拉伸试验方法测量不确定度的简化了的方法,称之为误差累积方法。这种方法仅仅考虑与计量参数(未定系统误差)和试验控制参数(应变速率)相关的不确定度分量。因此,在计算累积误差之前,需要测定应变速率或应力速率对材料性能的影响。

25.2.1 用累积误差方法估计总测量不确定度的基本要点

(1) 仅仅考虑与计量参数和试验控制参数相关的不确定度分量(B类分量)。

(2) 各分量按方和根方法等权合成与计量参数相关的系统不确定度。

(3) 将得到的系统不确定度再与控制参数相关的等效误差分量合成,得到总不确定度。

按(1)和(2),与计量参数(未定系统误差)相关的误差的合成系统不确定度为

$$U_s = \sqrt{\sum_{j=1}^m e_j^2} \quad (11)$$

式中 e_j ——与计量参数相关的误差
按照上述要点(3),总不确定度为

$$U = \sqrt{U_s^2 + e_q^2} \quad (12)$$

式中 e_q ——等效误差(即标准中允许的应力速率或应变速率范围,引起性能变化量的一半)

25.2.2 举例

(1) 在标准中规定和引用标准中规定的与材料无关的未定系统误差界限:

- 测力误差 e_F (1 级试验机): $\pm 1\%$
- 测延伸(位移)误差 e_L (1 级引伸计): $\pm 1\%$
- 引伸计标距误差 e_{Le} : $\pm 1\%$
- 测原始横截面积误差 e_{S_0} : $\pm 1\%$
- 测断后最小横截面积误差 e_{S_u} : $\pm 2\%$

(2) 合成系统不确定度 对于几种性能测定的合成系统不确定度,按式(11)计算,结果见表 7。

表 7 合成的不确定度

Tab. 7 The combination uncertainty

参数	拉伸性能误差(%)					
	R_{eH}	R_{eL}	R_m	R_p	A	Z
力	1	1	1	1	-	-
应变(位移)	-	-	-	1	1	-
标距	-	-	-	1	1	-
S_0	1	1	1	1	-	1
S_u	-	-	-	-	-	2
U_s	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{4}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{5}$

注:假定采用 1 级试验机和 1 级引伸计。

(3) 等效误差 e_q (以测定性能 $R_{p0.2}$ 为例) 通过试验对材料在标准中规定的应变速率范围内,测定性能 $R_{p0.2}$ 的影响数据,见表 8,取其影响量的一半作为等效误差。

(4) 合成总不确定度 对于几种材料,将合成的系统不确定度 U_s (见表 7)与等效误差 e_q (见表 8)进行合成,得到测定 $R_{p0.2}$ 的总不确定度 U ,见表 9 的右起第 2 栏。

从式(11)和式(12)可以看到,对于测定 $R_{p0.2}$ 的总不确定度的计算,可以做一步计算,即

$$U = \sqrt{U_s^2 + e_q^2} = \sqrt{e_F^2 + e_L^2 + e_{Le}^2 + e_{S_0}^2 + e_q^2} \quad (13)$$

25.3 累积误差方法的比较

国际标准(同样我国标准)在附录 J 中建议的误差累积方法是高度简化了的方法。这种方法把各误差分量对不确定度的影响看成等权的,而且没有表明考虑误差的分布类型和扩展因子的应用。这样的考虑和处理是较为粗糙的,而且由此方法得到的总不确定度所具有的置信度不明确。这是一个明显的不足,也表明它有待于进一步完善,但所建议的方法

表 8 在规定的应变速率范围内对测定 $R_{p0.2}$ 的影响及其等效误差 e_q

Tab. 8 The effects of the specified range of strain rate on determination $R_{p0.2}$ and its equivalent error

材料	$R_{p0.2}$	应变速率	等效误差 $e_q \pm(\%)$
	平均值 / $N \cdot mm^{-2}$	对 $R_{p0.2}$ 的影响 (%)	
铁素体管线钢	680	0.1	0.05
Fe430 钢	315	1.8	0.9
X5CrNiMo17-12-2	235	6.8	3.4
NiCr20Ti	325	2.8	1.4
NiCrCo TiAl25-20	790	1.9	0.95

表 9 总不确定度

Tab. 9 The total uncertainty

材料	$R_{p0.2}$	U_s	等效 误差 $\pm(\%)$	U $\pm(\%)$	
	平均值 / $N \cdot mm^{-2}$	$\pm(\%)$		GB/ T228 - 2002	EN10002/ 1 2001
铁素体管线钢	680	2	0.05	2.0	2.3
Fe430 钢	315	2	0.9	2.2	2.5
X5CrNiMo17-12-2	235	2	3.4	3.9	4.5
NiCr20Ti	325	2	1.4	2.4	2.8
NiCrCo TiAl25-20	790	2	0.95	2.2	2.5

注:1) 平均值。

却很简单,是一个优点。

欧洲标准 EN10002 - 1 2001 金属材料室温拉伸试验,针对国际标准建议的误差累积方法的不足,规定了改正的误差累积方法,即考虑了误差的分布类型和应用扩展因子,但也把各误差的影响看成为等权的。采用方和根方法计算,总扩展不确定度表示为

$$U = K \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{e_j}{K_j}\right)^2} = 2 \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{e_j}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad (14)$$

式中 K ——扩展因子($K = 2$)

$K_j = \sqrt{3}$ (各未定系统误差视为均匀分布)

按式(14)得到的总不确定度具有约 95% 的置信度,总扩展不确定度估计的例子见表 8 中右起第一栏。可以看到,按国际标准(同样我国标准)和欧洲标准各自规定的误差累积方法计算得到的结果有所不同。前者估计得到的结果似乎过于乐观。值得指出的是,欧洲标准规定的方法更符合于国际标准化组织文件 ISO TG4 测量不确定表示指南的要求,因为它考虑了误差的分布类型和用总扩展不确定度表示(即扩展因子为 2,置信度接近 95%)。

(全文完)