

金属材料拉伸试验的影响因素及操作要求

孙红云

(潍坊市产品质量监督检验所, 潍坊 261041)

摘 要: 本文解读了《GB/T 228 - 2002金属材料 室温拉伸试验方法》标准的演变及对拉伸试验的要求, 分析了实际工作遇到的影响金属材料拉伸试验数据准确性的一些因素, 并提出了减少这些影响因素的控制要求, 以提高拉伸试验数据的准确性。

关键词: 金属材料; 拉伸; 影响因素; 控制要求

0 引言

金属力学性能试验方法是检测和评定金属材料产品质量的重要手段之一。其中拉伸试验则是应用最广泛的力学性能试验方法。拉伸性能指标是金属材料的研制、生产和检验最主要的测试项目之一, 拉伸试验过程中的各项强度和塑性性能指标是反映金属材料力学性能的重要参数。影响拉伸试验结果准确度的因素很多, 如屈服极限、强度极限、弹性模量等, 虽是材料的固有属性, 但往往与试样的形状、尺寸、表面加工精度、加载速度、夹持器具及周围环境等有关。本文简述包括对《GB/T 228 - 2002》要求的掌握、试样制备、拉伸速度和夹持具等试验因素对拉伸试验结果影响的分析及操作和控制要求。

1 《GB/T 228 - 2002》标准的解读

1.1 标准的演变

获到金属拉伸试验准确的数据, 首先要了解试验方法, 目前, 执行的《GB/T 228 - 2002金属材料 室温拉伸试验方法》是在原 1963年版, 1976年版, 1987年版本基础上经过了三次修订而确定的, 随着我国科学技术的发展和测试技术水平的提高, 在新的标准中, 从技术内容和结构上, 标准总体的科学性、先进性和实用性方面已步入了国际水平。GB/T 228 - 2002在合并 GB/T 228 - 1987《金属拉伸试验方法》、GB/T 3076 - 1982《金属薄板(带)拉伸试验方法》和 GB/T 6397 - 1986《金属拉伸试验试样》的基础上, 等效采用了国际标准 ISO 6892 1998后, 在标准技术内容上有很大变化。主要有: 对拉伸强度、塑性等性能指标的名称、定义、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, 增加了引用标准和关于试验方法准确度方面阐述的内容。在拉伸试验机、引伸计及钢的伸长率换

算现行标准在技术内容上也有很大改变; 合理的调整了对各种类型拉伸试样的规定; 对拉伸性能测试方法作了修改和补充。

1.2 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 0.1mm 。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。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。

2 样品制备对试验结果的影响及控制要求

2.1 样品制备对拉伸曲线和测试数据有影响

样品制备是很关键的, 准确的制样是获得准确实验数据的前提, 根据要检验样品, GB/T 6397 - 1986《金属拉伸试验试样》对试样的取材、形状、尺寸、加工精度和方法等都作了统一的规定。实际工作中, 对于板材和管材的试样是平板和圆管弧板带肩试样, 一是制样时一般采用铣削加工, 在过渡圆处会停止进刀, 如果最后一刀给尽量较大, 在加工抗力的作用下, 使平行段铣削时就有较多的让刀, 到达过渡圆弧与平行段衔接处的截面积减小; 二是过渡圆有应力集中的影

响,拉伸中试样的标距外部分先进入屈服状态。对于圆管弧板带肩试样在夹紧时,展平夹紧部分使得试样产生弯曲应力,其最大值集中在过渡圆处,拉伸时也会产生曲线异常的现象,会影响测试数据。

2.2 样品制备要求

首先,根据要检验样品,按 GB/T6397-1986《金属拉伸试验试样 制备标准样品》。国家标准对试样的取材、形状、尺寸、加工精度、试验的手段和方法以及数据的处理等都作了统一的规定。其次,对破坏性试验,如材料强度指标的测定,考虑到材料质地的不均匀性,为使实验结果能相互比较,获得准确可靠的数据,应制备多个试样,得出材料的性能指标,然后综合评定结果,对非破坏性试验,试样弹性模量、变形量等的测定,因为要借助于变形放大仪表,为减小测量系统引入的误差,一般也要采用多次重复,然后综合评定结果。第三,样品制备时,应尽量使过渡圆衔接处面积相等,提高加工精度,修磨光滑,不要有加工刀痕,减小应力集中,以减少试验结果误差。

3 拉伸速度对试验结果的影响及控制要求

3.1 拉伸速度的影响

拉伸速度不仅对测试数据有影响,对拉伸曲线的形貌也有影响。板状拉伸试样拉伸时,会出现这种情况,其拉伸曲线在上屈服点处不是先沿弹性曲线向上到达上屈服点,然后再向下进入屈服过程,而是出现在沿弹性直线向上到达下屈服点时,曲线先向左、向上、再向右、向下画圈,最后进入屈服流动过程的现象。试样在被拉伸到屈服极限附近时,在引伸计标距范围内突然出现拉伸力几乎不变,引伸计测得的变形出现回弹,而不是快速增加这样的拉伸曲线现象,主要原因是:试样在被拉伸到屈服极限附近时,由于某种原因引伸计标距范围外的部分首先进入了屈服状态,其轴向变形快速增加,如果此时试验机横梁位移速度过低,就不能满足试样的屈服流动伸长变形对横梁位移的要求,不能使用试样在引伸计标距范围内还处于线弹性状态的一段保持其变形的相应的增加,造成引伸计标距范围内这一段试样的变形回弹。当适当的加快拉伸速度,拉伸曲线便基本正常。

3.2 拉伸速度的要求

在弹性变形阶段,金属变形量很小,而拉伸载荷迅速增大,这时如果用横梁位移控制来做拉伸试验,速度太快会导致整个弹性阶段很快被冲过去。以弹性模量为 200MPa 的普通钢材为例,如果标距为 50mm 的材料,在弹性阶段内以 10mm/min 的速度进行拉伸,实际的应力速率为 $200000\text{N/mm}^2\text{s}^{-1} \times 100\text{mm/min} \times 1\text{min}/60\text{s} \times 1/$

$50\text{mm} = 666\text{N/mm}^2\text{s}^{-1}$,一般钢材的屈服强度小于 600MPa,只需要 1 秒钟就把材料拉到屈服状态,速度太快。所以在弹性阶段一般选择采用应力速率控制或负荷控制。塑性较好的材料试样过了弹性阶段后,载荷增加不大,而变形增加很快,为了防止拉伸速度过快,一般采用横梁位移控制和应力速率控制。在 GB/T228-2002 中规定,“在弹性范围至上屈服强度,试验机夹头的分力速率应尽可能保持恒定并在规定的应力速率范围内(材料的弹性模量 $E \leq 150000\text{N/mm}^2$,应力速率应控制在 $2 \sim 20(\text{N/mm}^2) \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内,材料的弹性模量 $E > 150000\text{N/mm}^2$,应力速率应控制在 $6 \sim 60(\text{N/mm}^2) \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内)。若仅测下屈服强度,在试样平行长度的屈服期间应变速率应在 $0.00025/\text{s} \sim 0.0025/\text{s}$ 之间,平行长度内的应变速率应尽可能保持恒定。在塑性范围直至规定强度应变速率不应超过 $0.0025/\text{s}$ 。”

应力速率和应变速率的切换点,最好在弹性阶段结束的点进行应力速度到应变速率的切换。在切换过程中要没有冲击、没有掉力,这是拉伸试验的一个关键点。

4 引伸计装卸、标定的影响及控制要求

4.1 引伸计的影响

引伸计是试验机的一个重要附件,主要用于试样变形较小的试验,如在测定材料弹性模量和规定非比例延伸强度时,必须安装引伸计。如果不需要测定这两个性能指标,则不必安装引伸计。引伸计装夹、跟踪与取下的方法、时机不正确,也会影响弹性阶段的试验结果和曲线形态。

4.2 引伸计装卸、标定的要求

1) 目前常用的是电子引伸计,在装夹时,将引伸计轻拿,把标距杆垫片卡在力臂与标距杆之间,压紧两力臂,使两刀刃垂直接触试样,用弹簧或橡皮筋将引伸计绑在试样上,装好后取出标距杆垫片,使力臂与标距杆之间保持 0.5mm 的间隙。并保证上下两个刃口与试样垂直,手拿两个测量臂不要捏得太紧,防止两个测量臂产生弹性变形,当手松开时,两臂又弹回,致使初始变形时无读数。另外,要保护好电子引伸计,不要摔碰,刃口保持锋利,标距杆两端的螺钉不要取下,以防两臂开度无限张开,造成应变片及弹簧片永久变形,造成电子引伸计损坏。还要注意引伸计装夹、跟踪与取下的时机。如果要求最大力下的总伸长,引伸计就必须跟踪到最大力以后再取下。对于薄板试样,拉断后冲击不大,引伸计可以直接跟踪到试样断裂;但对于拉力较大的试样,最好是试验机拉伸到最大力以后开始保持横梁位置不动,等取下引伸计以后把试样拉断。

有的夹具在夹紧试样时会产生一个初始力,一定要把初始力消除后再夹持引伸计,这样引伸计夹持的标距才是试样在自由状态下的原始标距。

2)标定要求:标定是给引伸计两刀刃间以一定的标准位移,测出引伸计的相应电信号输出量,从而确定标准位移与输出量的对应关系。标定过程为:将引伸计装夹到变形标准器上,将引伸计连接到测量系统中。调整测量系统平衡,并选择好仪器的有关参数。将 $X-Y$ 记录仪的记录笔调到“零位”。转动校准器的刻度盘使精密螺杆移动,引伸计就能感受到给定的标准位移值。从 $X-Y$ 记录仪上读出记录笔沿 X 坐标移动的格数,再用标准位移除以格数,便可得到每格所代表的位移值,此数值即为标定值。

3)测量要求:将引伸计夹在被测部位事先粘好的刀口上。将调好的 $X-Y$ 记录仪开到记录位置,取 X 轴记录 L 。加载使试件变形,在 $X-Y$ 记录仪上即可指示出 X 轴上的位移量。通过标定过程确定的标准位移,便可读出对应的 L 值。如果同时再取 Y 轴表示载荷 P , $X-Y$ 记录仪上便可绘出 $P-L$ 曲线。试验结束,整理仪器和机器。

4)注意事项:标定时,标准位移要按相应增量增加。标定一般要重复进行三次,每次都要把引伸计取下重新安装。测量时,测量系统的有关参数必须与标定时相同。

5 夹持具及试样装夹对试验结果的影响及控制要求

5.1 夹持具选择、试样夹持的影响

装夹包括夹持具选择、试样的夹持和引伸计

的装卸,夹持具选择、试样夹持和引伸计的装卸不正确会影响测试结果。夹持具与试验的试样形状不匹配和夹具的表面外型花纹形状不适宜,会造成夹具和试样间不能形成足够的夹持面积,静摩擦力不够,导致拉伸过程中夹具和试样产生相对滑动,从而影响了拉伸结果。另外如果夹持角度倾斜,在拉伸过程中会影响测试结果,倾斜试样受拉伸力时,会在倾斜方向上产生力的分解,金属材料在不同的方向上的弹性模量和强度等性能是不同的,会造成试验结果的误差。

5.2 夹持具选择、试样装夹的要求

选择适合试样的夹具,对于特殊试样支配支特殊的夹持具,试样夹紧,圆试样夹在 V 型夹块的中间,扁试样须垂直于夹块,不能倾斜,可制作一个垂直直角附件,装夹时比靠试样测量是否垂直。夹持部分要足够长,最少要为夹块长度的 $3/4$ 。上下夹头夹紧时,严禁升降横梁。

6 结论

观察和分析金属材料拉伸试验中的诸多影响因素,确定这些影响因素的产生原因,针对原因制订试验设备仪器的操作规程,严格控制试验过程,确保操作符合标准和规程的要求,获得准确的试验数据。

参考文献:

- [1] GB/T 228 - 2002 《金属材料 室温拉伸试验方法》
- [2] 熊丽霞,吴庆华. 材料力学实验. 北京:科学出版社,2006
- [3] 王春耀. 材料力学实验(实验指导书). 新疆大学机械工程学院,2004

(上接第 55 页)

以保证量值的准确;有能够追溯到国家基准或标准的校准证据(如证书和校准记录),以保证量值的统一;在两次校准之间对在使用运行的仪器设备的准确性进行检查,运行检查方法应文件化、程序化,运行检查应予记录保存;在每台仪器上要有明显的状态标记并注明有效期,使操作人员明确仪器所处的状态;保存仪器的维护和检修记录,以了解仪器的稳定性和准确性。

大型仪器设备要有完整的档案记录,从验收调试、资料收集、审批记录到使用、计量、维护、维修、报废记录及管理人员更换记录都要详细的备案,对各种记录应及时归档,并对每个记录进行编号,防止记录丢失,以保证该仪器档案的完整性;大型仪器设备

要有仪器使用记录,使用者要通过培训、考核合格并通过审批备案的操作人员;对于每个样品所使用的仪器要可追溯性(在使用记录上注明检验单编号),以便发现仪器出现量值或精度超差时能及时发现和查找原因并加以追踪,同时可以采取补救措施。

总之,仪器设备的管理工作是实验室质量体系中的重要部分,是一项综合性很强的工作,也是十分细致、繁琐的工作。只有认真做好仪器设备管理工作中的每一项具体的工作,才能有效地把握好实验室仪器设备的正常运行。当然,实验室仪器设备管理只靠个别仪器专管人员是不够的,需要实验室全体人员的共同努力,才能使仪器设备得到有效的运行,所以还要不断加强实验室全体人员的仪器设备计量、使用、维护意识以及进行仪器设备管理及相关技术培训。