

试样尺寸测量方法对钢管力学性能的影响

蔡煜, 殷绪强, 王林辉, 朱寅, 陈亮

(江苏常宝普莱森钢管有限公司, 常州 213200)

摘要:对于钢管产品的拉伸试验, 国标、美标以及 ISO 标准对试样尺寸的测量方法要求有所不同, 钢管产品具有轧制特性, 存在壁厚不均匀现象, 壁厚的测量精度对于试验误差的控制有较大影响。对比了不同标准规定的试样尺寸测量方法, 并选用两种标准方法对钢管弧形试样进行拉伸试验, 对拉伸试验结果进行对比, 研究了试样尺寸测量方法对钢管力学性能的影响。

关键词: 钢管; 标准; 试样尺寸; 测量方法; 力学性能

中图分类号: TB31; TG115.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-4012(2023)03-0005-03

Influence of sample size measurement methods on mechanical properties of steel pipe

CAI Yu, YIN Xuqiang, WANG Linhui, ZHU Yin, CHEN Liang

(Jiangsu Changbao Precision Steel Tube Co., Ltd., Changzhou 213200, China)

Abstract: For the tensile test of steel pipe products, the national standard, the american standard and the ISO standard had different requirements for measuring method of the sample size. The steel pipe products had rolling characteristics, and the wall thickness was uneven. The measurement accuracy of the wall thickness had a great impact on the control of the test error. Different standard sample size measurement methods were compared, and two standard methods were selected to carry out tensile test on the steel pipe arc sample. The tensile test results were compared, and the influence of sample size measurement method on the mechanical properties of steel pipe was studied.

Keywords: steel pipe; standard; sample size; measurement method; mechanical property

拉伸试验是材料力学性能测试中重要的试验方法之一。室温拉伸试验一般是指试样在室温环境, 承受轴向拉伸载荷的条件下, 测定材料特性的试验方法。不同的拉伸试验标准对试样原始横截面积测量和计算方法有所不同, ASTM 标准 (ASTM E8—2021《金属材料拉伸试验的标准试验方法》和 ASTM A370—2021《钢产品机械性能测试的方法和定义》) 对弧形试样横截面积测量的要求如表 1 所示, 国标 (GB/T 228.1—2021《金属材料 拉伸试验 第 1 部分: 室温试验方法》) 及 ISO 标准 (ISO 6892-1:2019《金属材料—拉伸试验—第 1 部分: 室温下试验方法》) 对弧形试样横截面积测量的要求如表 2

所示。为了验证标准要求与实际操作的符合性, 笔者依据 ASTM A370—2021 和 GB/T 228.1—2021 对钢管弧形试样进行拉伸试验, 研究了试样尺寸测量方法对钢管弧形试样力学性能的影响。

表 1 ASTM 标准对弧形试样横截面积测量的要求

项目	ASTM E8—2021	ASTM A370—2021
测量部位	测量缩减平行部分中心处的尺寸	测量中间部位的厚度并用中间部位量得的宽度来确定横截面积
试样要求	缩减平行部分端部在宽度上的不同应不大于 0.5%	缩减段的平行度应不大于 0.254 mm
	在宽度上由两个端部向中心逐渐呈锥度, 在每一端应不得大于中心部分宽度的 1%	在宽度上由两个端部向中心逐渐呈锥度, 两端与中间的宽度差不大于 0.254 mm
	宽度为 25 mm, 标距为 50 mm 试样的对称度应不大于 2.5 mm	试样的两端与缩减段中心线对称度应不大于 2.54 mm
横截面积	尺寸公差应符合标准中图 13	尺寸公差应符合标准中图 A2.3
	最小值	最小值

收稿日期: 2022-06-12

作者简介: 蔡煜 (1984—), 女, 工程师, 主要从事金属材料测试工作, cai_caiyu2001@163.com

表2 国标及ISO标准对弧形试样横截面积测量的要求

项目	GB/T 228.1—2021	ISO 6892-1:2019
测量部位	宜在试样平行长度区域以足够的点数测量试样的相关尺寸,建议在试样平行长度区域最少3个不同位置进行测量	宜在试样平行长度中心区域垂直于纵轴的至少3个横截面上测量试样的相关尺寸
试样要求	如果试样尺寸公差满足G.4,可以直接使用名义值;如果试样尺寸公差不能满足G.4,对每个试样的尺寸进行实际测量	如果试样尺寸公差不能满足D.3,对每个试样的尺寸进行实际测量
横截面积	原始横截面积是平均横截面积,应根据相应尺寸测量值来计算	原始横截面积是平均横截面积,应根据相应尺寸测量值来计算

1 试样制备及试验方法

1.1 试样制备

将性能均匀、稳定,规格为177.8 mm×8.05 mm(外径×壁厚)的37Mn5钢管加工成弧形试样,为了保证试验结果的一致性,所有试样的平行段宽度均按照25.4 mm进行加工,加工方式如表3所示。

表3 试样的加工方式

试样编号	试样类型	引用标准	加工方式
1~5	弧形	ASTM A370—2021	宽度为25.4 mm,减缩段中心呈锥度
6~10	弧形	GB/T 228.1—2021	宽度为25.4 mm,宽度方向没有锥度

1.2 试验方法

采用Z330型电子拉伸试验机,配备全自动引伸计,引伸计标距为50 mm。依据ASTM A370—2021对试样1~5进行拉伸试验,依据GB/T 228.1—2021对试样6~10进行拉伸试验。使用壁厚千分尺测量试样1~10的原始壁厚,使用外径千分尺测量试样1~10的宽度。

表4 试样1~5的力学性能测试结果

试样编号	测量位置	最小壁厚/mm	最小宽度/mm	横截面积/mm ²	断裂部位	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa
1	点3	8.294	25.44	211.8	中间最小位置	452	670
2	点3	8.280	25.42	211.3	中间最小位置	462	678
3	点3	8.297	25.40	208.7	中间最小位置	446	665
4	点3	8.259	25.48	211.2	中间最小位置	448	681
5	点3	8.267	25.46	211.3	中间最小位置	446	679

3 综合分析

钢管产品加工弧形试样,在壁厚方向会出现螺旋状的起伏,导致在壁厚测量上存在争议,宽度方向的尺寸精度由数控加工设备进行控制,形状公差不得超过0.03 mm,尺寸公差控制在-0.1~0.1 mm范

围内。从表4可以看出,宽度的测量结果差异较小,但在整个平行段测量中,壁厚的测量结果差异较大,因此测量误差主要来源于壁厚测量。

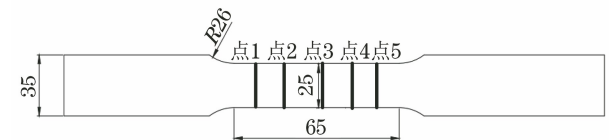


图1 拉伸试样测量壁厚位置示意

2 试验结果

试样1~5的力学性能测试结果如表4所示,试样6~10的力学性能测试结果如表5所示。由表4,5可以看出:按照ASTM A370—2021进行拉伸试验,试样宽度方向在减缩段中心呈锥度,中间宽度最小,在宽度最小部位测量壁厚,测量结果差异较小;按照GB/T 228.1—2021进行拉伸试验,试样壁厚测量结果的差异在整个平行段方向最大为0.78 mm,选择3点平均与5点平均的计算方法,强度差异约15 MPa。

根据表4,5所示的断裂部位进行分析,当宽度基本一致时,若排除试样本身缺陷和加工缺陷的影响,拉伸断裂较大概率发生在试样平行部分原始横

表5 试样6~10的力学性能测试结果

试样编号	原始厚度/mm	原始宽度/mm	计算方法	平均壁厚/mm	平均宽度/mm	断裂部位	横截面积/mm ²	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa
6	8.298,8.326,8.129,8.633,8.126	25.484,25.479,25.473,25.489,25.496	3点平均	8.363	25.48	点2~3	214.0	438	663
	8.165,8.175,8.338,8.369,7.626	25.459,25.463,25.461,25.456,25.452	5点平均	8.304	25.48		212.5	442	667
7	8.421,8.422,8.216,7.788,8.568	25.475,25.469,25.476,25.471,25.465	3点平均	8.294	25.46	点4~5	211.9	451	672
	8.573,8.100,8.101,8.112,8.626	25.469,25.468,25.469,25.461,25.474	5点平均	8.135	25.46		207.9	468	689
8	8.539,8.016,8.226,8.439,8.469	25.466,25.469,25.475,25.459,25.461	3点平均	8.142	25.47	点3~4	208.2	461	692
	8.226,8.439,8.469	25.475,25.459,25.461	5点平均	8.283	25.47		212.8	446	675
9	8.539,8.016,8.226,8.439,8.469	25.466,25.469,25.475,25.459,25.461	3点平均	8.107	25.47	点2~3	207.3	459	686
	8.226,8.439,8.469	25.475,25.459,25.461	5点平均	8.300	25.47		212.2	442	668
10	8.539,8.016,8.226,8.439,8.469	25.466,25.469,25.475,25.459,25.461	3点平均	8.227	25.47	点2	210.3	458	676
	8.226,8.439,8.469	25.475,25.459,25.461	5点平均	8.338	25.47		213.2	440	663

截面尺寸较小的部位附近。按照 ASTM A370—2021 标准加工试样,加工时规定可以在减缩段加工一个锥度,控制减缩段中间最小部位的宽度比两侧宽度小 0.04 mm,测量时直接测量中间最小部位的宽度,并在该部位测量壁厚,测量 3 次取最小值,从断裂部位看,基本都断裂在测量部位,说明该试样的力学性能测试结果更接近真实值。按照 GB/T 228.1—2021 标准要求,在试样平行段测量足够的点数,并取平均值参与横截面积计算,对于壁厚差异较小的试样,可选择 3 点平均法进行计算,对于壁厚差异较大的试样,使用 5 点或 5 点以上平均法进行计算,利于减少测量结果的误差,使力学性能的测试结果更接近真实值。

ASTM A370—2021 标准规定,试样人为加工最小横截面,宽度及壁厚的测量均在该处取最小值,在壁厚差异较小的情况下,控制断裂发生在此处,可以保证试样的力学性能测试结果更接近真实值。GB/T 228.1—2021 标准对试样横截面积的计算提出了要求,对于壁厚差异较大的试样,可以利用重复多次测量的方法来减少力学性能测试结果的误差,

但断裂部位有较大概率出现偏在一边的情况,会影响试样断后伸长率的测量。

4 结论

(1) 对于钢管弧形试样,在宽度不作为主要误差来源时,壁厚差异越大,尺寸测量误差带来力学性能测试结果的误差就越大。

(2) 根据 ASTM A370—2021 标准,试样减缩段呈锥度,在壁厚差异不大的条件下,有利于得到真实、稳定的测量结果,并能保证断裂部位和测量部位基本一致。

(3) 根据 GB/T 228.1—2021 标准,在平行段测量足够的点数,采用平均值法计算横截面积,对于壁厚差异较小的试样,可选择 3 点平均法进行计算,对于壁厚差异较大的试样,可以采用 5 点或 5 点以上平均法进行计算,使试样的力学性能测试结果更接近真实值。

(4) GB/T 228.1—2021 标准可以考虑在加工试样时,在平行段增加锥度,在壁厚差异较小的情况下,既能得到满意的结果,又能保证断裂部位在平行段中间。

(上接第 4 页)

座的安全性,避免机组发生事故甚至造成人身伤亡等提供理论支持。

参考文献:

[1] 王宏军,窦怀武,岳永久,等. #4 炉主蒸汽取样一次门前仪表管管座角焊缝裂纹原因分析及处理[J]. 电焊机,2010,40(2):58-60.
 [2] 王斌. 高温蒸汽管道、联箱中小口径管座的开裂及防范措施[J]. 热力发电,2003,32(4):39-41.
 [3] 任晓虎,陈明,谢道原,等. 660 MW 高压加热器接管角焊缝开裂原因分析[J]. 理化检验(物理分册),

2017,53(7):519-523.

[4] 胡斌斌. 给水管座开裂原因分析[J]. 理化检验(物理分册),2009,45(4):230-235.
 [5] 于进云,张家刚. P91 主蒸汽管道热电偶插座裂纹分析及在线修复[J]. 焊接,2008(8):46-49.
 [6] 陈龙. 火电机组四大管道温度计套管改造[J]. 电力安全技术,2015,17(4):37-40.
 [7] 乐群立. 厚壁管道热电偶插座焊接结构改进与工艺研究[J]. 电力建设,2008,29(4):86-88.
 [8] 于达,龙华明,孙亚娟,等. 小直径管管座角焊缝相控阵检测探究[J]. 焊管,2015,38(8):16-19.