



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101793647 A

(43) 申请公布日 2010.08.04

(21) 申请号 201010106594.6

(22) 申请日 2010.02.04

(71) 申请人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路 127 号

(72) 发明人 范娟 李付国 虞文军 李剑飞

(74) 专利代理机构 西北工业大学专利中心

61204

代理人 慕安荣

(51) Int. Cl.

G01N 3/08(2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

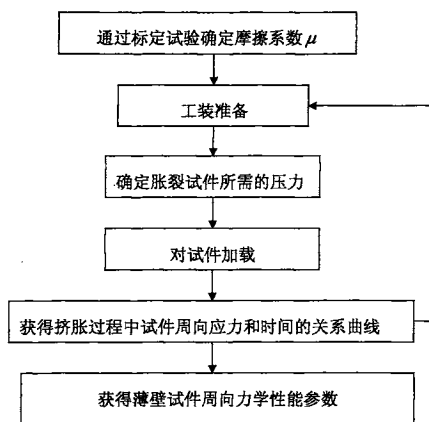
薄壁管件周向力学性能测试方法

(57) 摘要

一种薄壁试件周向力学性能测试方法,采用瓣模式薄壁管件周向力学性能测试装置测试管件的周向力学性能。测试中,通过标定试验确定摩擦系数 μ;通过拉伸试验得到试件的 σ 值,从而获得薄壁管件胀裂所需要的最大加载压力 P,并根据最大加载压力 P 确定加载装置。通过材料力学性能试验机,使锥形压头压下挤胀管件至管件胀裂,获得挤胀过程中管件周向应力和时间的关系曲线;通过应变仪记录下整个挤胀过程中管件周向应变和时间的关系曲线;通过材料力学性能试验机得到挤压过程中的载荷和时间的关系曲线;

通过公式 $P = \sigma \frac{2\pi H(\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$ 将载荷转化

成周向应力,得到周向应力和时间的关系曲线;取各测试结果的平均值获得薄壁管件周向力学性能参数。



1. 一种薄壁试件周向力学性能测试方法,其特征在于,所述的薄壁试件周向力学性能测试方法包括以下步骤:

步骤 1、通过标定试验确定摩擦系数 μ ;将瓣模放置于管形标定试件中,将锥形压头插入瓣模内;将装有锥形压头的瓣模置于保护套内;对薄壁管件周向应力测试装置施加载荷,获得加载载荷的应力值;将加载载荷 P 和加载载荷的应力值 σ 代入公式

$$P = \sigma \frac{2\pi t H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

得到摩擦系数 $\mu = 0.16$;式中: H 为管件高度; t 为管件壁厚; σ 为管件周向应力; β 为锥形压头的半锥角;

步骤 2、工装准备;取一个试件,在该试件的轴向对称面处的外圆周上,沿周向贴上应变片;通过导线将应变片与应变仪连接起来;将瓣模放置于被测试的管件中,将锥形压头插入瓣模内;将装有锥形压头的瓣模置于保护套内;

步骤 3、确定胀裂管件所需的压力;通过拉伸试验得到试件的 σ 值;通过下式

$$P = \sigma \frac{2\pi t H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

得到将薄壁管件胀裂所需要的最大加载压力 P ,并根据最大加载压力 P 确定加载装置;

式中: H 为管件高度; T 为管件壁厚; σ 为管件周向应力; μ 为摩擦系数, $\mu = 0.16$; β 为锥形压头的半锥角;

步骤 4、对管件加载;通过材料力学性能试验机,使锥形压头压下挤胀管件至管件胀裂;压下速度为 $1 \sim 5\text{mm}/\text{min}$;

步骤 5、获得挤胀过程中管件周向应力和时间的关系曲线;通过应变仪记录下整个挤胀过程中管件周向应变和时间的关系曲线;通过材料力学性能试验机得到挤压过程中的载荷和时间的关系曲线;通过公式

$$P = \sigma \frac{2\pi t H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

将载荷转化成周向应力,得到周向应力和时间的关系曲线;上式中: H 为管件高度; T 为管件壁厚; σ 为管件周向应力; μ 为摩擦系数, μ 的取值为 0.16 ; β 为锥形压头的半锥角;重复步骤 2 至步骤 5,对各试件逐一进行测试,分别获得各试件的力学性能;

步骤 6、获得薄壁管件周向力学性能参数;取各测试结果的平均值获得薄壁管件周向力学性能参数。

薄壁管件周向力学性能测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及到材料力学性能的测试方法领域,具体是一种薄壁管件周向力学性能测试方法。

背景技术

[0002] 在航空、航天、汽车、机械设备等领域无不涉及管件、管套的使用。以飞机为例,管路系统是飞机的生命线,它的性能好坏直接影响到飞机的整体性能。因此提高管路系统的技术水平,对提高飞机性能非常重要。液压管路是飞机所有管路中工作压力最高、可靠性要求最严的一部分,飞机管路系统技术的高低就集中体现在液压管路系统中。对于液压系统来说,在同等功率条件下,工作压力越高,所要求的动筒和油泵活塞底面积就越小,管路流量也要求越小,因而液压系统的整体尺寸会减小,重量会减轻,而较低的介质流速也减少了在管路中流动的功率损失。因此,液压系统及其标准件技术研究是航空工业发展的客观需求。由于液压管路工作压力的提高,将给液压系统的设计带来许多新问题,主要归结为强度和密封两大问题,这就需要研究管件的强度问题。

[0003] 传统方式是将薄壁管剖开、碾平,制备出拉伸试样后测试管件的周向力学性能。但是在碾平的过程中出现再次变形,所以测得的数据就不能准确地代表管件的周向力学性能值,更何况对于小尺寸薄壁管件根本就无法剖开、碾平,并制样。

发明内容

[0004] 为克服现有技术方法中难以精确测得薄壁管件周向力学性能的弊端,本发明提出了一种薄壁管件周向力学性能测试方法。

[0005] 本发明包括一组管形试件,其特征在于,所述的薄壁试件周向力学性能测试方法包括以下步骤:

[0006] 步骤 1、通过标定试验确定摩擦系数 μ ;将瓣模放置于管形标定试件中,将锥形压头插入瓣模内;将装有锥形压头的瓣模置于保护套内;对薄壁管件周向应力测试装置施加载荷,获得加载载荷的应力值;将加载载荷 P 和加载载荷的应力值 σ 代入公式

$$[0007] \quad P = \sigma \frac{2\pi t H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0008] 得到摩擦系数;式中: H 为管件高度; t 为管件壁厚; σ 为管件周向应力; β 为锥形压头的半锥角;

[0009] 步骤 2、工装准备;取一个试件,在该试件的轴向对称面处的外圆周上,沿周向贴上应变片;通过导线将应变片与应变仪连接起来;将瓣模放置于被测试的管件中,将锥形压头插入瓣模内;将装有锥形压头的瓣模置于保护套内;

[0010] 步骤 3、确定胀裂管件所需的压力;通过拉伸试验得到试件的 σ 值;通过下式

$$[0011] \quad P = \sigma \frac{2\pi t H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0012] 得到将薄壁管件胀裂所需要的最大加载压力 P,并根据最大加载压力 P 确定加载装置;式中:H为管件高度;T为管件壁厚; σ 为管件周向应力; μ 为摩擦系数; β 为锥形压头的半锥角;

[0013] 步骤4、对管件加载;通过材料力学性能试验机,使锥形压头压下挤胀管件至管件胀裂;压下速度为1~5mm/min;

[0014] 步骤5、获得挤胀过程中管件周向应力和时间的关系曲线;通过应变仪记录下整个挤胀过程中管件周向应变和时间的关系曲线;通过材料力学性能试验机得到挤压过程中的载荷和时间的关系曲线;通过公式

$$[0015] \quad P = \sigma \frac{2\pi H(\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0016] 将载荷转化成周向应力,得到周向应力和时间的关系曲线;上式中:H为管件高度;T为管件壁厚; σ 为管件周向应力; μ 为摩擦系数; β 为锥形压头的半锥角;重复步骤2至步骤5,对各试件逐一进行测试,分别获得各试件的力学性能;

[0017] 步骤6、获得薄壁管件周向力学性能参数;取各测试结果的平均值获得薄壁管件周向力学性能参数。

[0018] 本发明通过瓣模的特殊结构在挤胀过程中起到改变力的传递方向获得管件周向的应力应变曲线和管件周向的屈服强度,抗拉强度,弹性模量参数。

[0019] 薄壁管件周向力学性能测试方法利用测试装置的锥形结构特点以及瓣模的分瓣结构特点实现了薄壁管件的轴向加载及周向变形的力学与运动学转换与分析方法。以此方法为基础,可以实现薄壁管件的周向力学性能的测试,与将薄壁管剖开、碾平,制备出拉伸试样后测试管件的周向力学性能的传统方式相比,该方法不必将薄壁管件剖开,因此可以降低试样的制备过程对最终测试结果的影响,基于该方法可以精确获得管件的周向力学性能,同时针对一些大型管件也不必通过破坏的方式制成拉伸试样。由于能准确获得薄壁小尺寸管件周向力学性能,因此能对薄壁小尺寸管件的工程设计及应用提供技术支持。

附图说明

[0020] 附图1是测试装置受力示意图;

[0021] 附图2是本发明所得到的应力应变曲线图;

[0022] 附图3是本发明所得到的应力应变曲线图;

[0023] 附图4是本发明的流程图。

具体实施方式

[0024] 实施例一

[0025] 本实施例是一种测试7050高强铝合金管件周向力学性能的测试方法。

[0026] 本实施例采用四瓣瓣模式薄壁管件周向力学性能测试装置,测试7050高强铝合金管件的周向力学性能。试件数量为八个,其具体尺寸为 $\varnothing 20\text{mm} \times 1\text{mm}$,高度为20mm。在材料力学性能试验机上的加载速度为1mm/min。

[0027] 利用本实施例测试装置挤胀管件时,通过材料力学性能试验机驱动锥形压头,锥形压头向下沿管件作轴向运动,从而使锥形压头驱动瓣模径向向外撑开,具体测试过程包

括以下步骤：

[0028] 步骤 1、通过标定试验确定摩擦系数 μ ；

[0029] 本实施例中的标定试验过程：取一个标定试件，在该试件的轴向对称面处的外圆周上，沿周向贴上应变片；通过导线将应变片与应变仪连接起来。将瓣模放置于被测试的管件中，将锥形压头插入瓣模内；将装有锥形压头的瓣模置于保护套内。通过在材料性能试验机上，对薄壁管件周向应力测试装置施加载荷 16000N。通过待测标定管件上的应变片得到的应变值及标定件的已知弹性模量，相乘得到加载载荷的应力值；将加载载荷 P 和加载载荷的应力值 σ 代入公式

$$[0030] \quad P = \sigma \frac{2\pi t H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0031] 得到摩擦系数 $\mu = 0.16$ 。式中： H 为管件高度； t 为管件壁厚； σ 为管件周向应力； β 为锥形压头的半锥角， $\beta = 8^\circ$ 。

[0032] 上述标定管件的外形与尺寸同测试管件外形与尺寸；并且该标定管件的力学性能已知。

[0033] 步骤 2、工装准备；取一个试件，在该试件的轴向对称面处的外圆周上，沿周向贴上应变片；通过导线将应变片与应变仪连接起来。将瓣模放置于被测试的管件中，将锥形压头插入瓣模内；将装有锥形压头的瓣模置于保护套内。

[0034] 步骤 3、确定胀裂管件所需的压力；根据拉伸试验得到的高强铝合金抗拉强度为 565MPa，根据附图 1 所示的受力情况，通过下式

$$[0035] \quad P = \sigma \frac{2\pi H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0036] 得到将薄壁管件胀裂所需要的最大加载压力为 22941N，选择 5 吨位的材料力学性能试验机。

[0037] 式中： H 为管件高度； T 为管件壁厚； σ 为管件周向应力； μ 为摩擦系数， $\mu = 0.16$ ； β 为锥形压头的半锥角， $\beta = 8^\circ$ 。

[0038] 步骤 4、对管件加载；通过材料力学性能试验机，使锥形压头以 1mm/min 的压下速度挤胀管件至管件胀裂。

[0039] 步骤 5、获得挤胀过程中管件周向应力和时间的关系曲线；通过应变仪记录下整个挤胀过程中管件周向的应变变化曲线，即周向应变和时间的关系曲线；通过材料力学性能试验机得到整个挤压过程中的载荷变化曲线，即载荷和时间的关系曲线；通过公式

$$[0040] \quad P = \sigma \frac{2\pi H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0041] 将载荷转化成周向应力，得到周向应力和时间的关系曲线。上式中： H 为管件高度； T 为管件壁厚； σ 为管件周向应力； μ 为摩擦系数， μ 的取值为 0.16； β 为锥形压头的半锥角， $\beta = 8^\circ$ ；重复步骤 2 至步骤 5，对八个试件逐一进行测试分别获得各试件的力学性能。

[0042] 步骤 6、获得薄壁管件周向力学性能参数；取八个测试结果的平均值获得薄壁管件周向力学性能参数。

[0043] 如附图 2 所示。本实施例利用应力和应变与时间的一致性，将周向应变和时间的

关系曲线同周向应力和时间的关系曲线合成,得到管件周向的应力应变曲线,同时也得到管件的周向屈服强度 σ_s 为 480.57MPa,抗拉强度 σ_b 为 543.05MPa,弹性模量 E 为 56.79GPa。

[0044] 本实施例中,标定试验中,公式

$$[0045] \quad P = \frac{2\pi H t \sigma (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0046] 是根据附图 1 所示的摩擦力和锥形压头对模瓣的反作用力 Q 确定;每一个模瓣受力后的平衡方程式为:

$$[0047] \quad \begin{cases} -\frac{P}{n} + Q \sin \beta + \mu Q \cos \beta = 0 & (1) \\ -\mu \frac{P}{n} + Q \cos \beta - \mu Q \sin \beta - p' H \frac{D}{2} a = 0 & (2) \end{cases}$$

[0048] (1) 式为模瓣垂直方向平衡方程式

[0049] (2) 式为模瓣水平方向平衡方程式

[0050] 将上述两方程联立,并以 $n = 2\pi/a$, $p' = (2t/D)\sigma$ 代入,得到薄壁管件胀形所需的轴向压力。上式中:n 为瓣模的模瓣数;a 为模瓣弧度, p' 为胀形力,D 为薄壁管件的外径,H 为管件高度;t 为管件壁厚; σ 为管件周向应力; β 为锥形压头的半锥角,u 为摩擦系数。

[0051] 实施例二

[0052] 本实施例是一种测试 69111 高强钢管件周向力学性能的测试方法。

[0053] 本实施例采用五瓣瓣模式薄壁管件周向力学性能测试装置,测试 69111 高强钢管件的周向力学性能。试件数量为十个,其具体尺寸为 $\varnothing 22\text{mm} \times 1\text{mm}$,高度为 20mm。在材料力学性能试验机上的加载速度为 3mm/min。

[0054] 利用本实施例测试装置挤胀管件时,通过材料力学性能试验机驱动锥形压头,锥形压头向下沿管件作轴向运动,从而使锥形压头驱动瓣模径向向外撑开,具体测试过程包括以下步骤:

[0055] 步骤 1、通过标定试验确定摩擦系数 μ ;

[0056] 本实施例中的标定试验过程:取一个标定试件,在该试件的轴向对称面处的外圆周上,沿周向贴上应变片;通过导线将应变片与应变仪连接起来。将瓣模放置于被测试的管件中,将锥形压头插入瓣模内;将装有锥形压头的瓣模置于保护套内。通过在材料性能试验机上,对薄壁管件周向应力测试装置施加载荷 30000N。通过待测标定管件上的应变片得到的应变值及标定件的已知弹性模量,相乘得到加载载荷的应力值;将加载载荷 P 和加载载荷的应力值 σ 代入公式

$$[0057] \quad P = \sigma \frac{2\pi t H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta},$$

[0058] 得到标定摩擦 $\mu = 0.16$ 。式中:H 为管件高度;t 为管件壁厚; σ 为管件周向应力; β 为锥形压头的半锥角, $\beta = 10^\circ$ 。

[0059] 上述标定管件的外形与尺寸同测试管件外形与尺寸;并且该标定管件的力学性能已知。

[0060] 步骤 2、工装准备;取一个试件,在该试件的轴向对称面处的外圆周上,沿周向贴上应变片;通过导线将应变片与应变仪连接起来。将瓣模放置于被测试的管件中,将锥形压

头插入瓣模内；将装有锥形压头的瓣模置于保护套内。

[0061] 步骤 3、确定胀裂管件所需的压力；根据拉伸试验得到的高强铝合金抗拉强度为 1660MPa，根据附图 1 所示的受力情况，通过下式

$$[0062] \quad P = \sigma \frac{2\pi H(\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0063] 得到将薄壁管件胀裂所需要的最大加载压力为 76365N，选择 10 吨位的材料力学性能试验机。

[0064] 式中： H 为管件高度； T 为管件壁厚； σ 为管件周向应力； μ 为摩擦系数， $\mu = 0.16$ ； β 为锥形压头的半锥角， $\beta = 10^\circ$ 。

[0065] 步骤 4、对管件加载；通过材料力学性能试验机，使锥形压头以 3mm/min 的压下速度挤胀管件至管件胀裂。

[0066] 步骤 5、获得挤胀过程中管件周向应力和时间的关系曲线；通过应变仪记录下整个挤胀过程中管件周向的应变变化曲线，即周向应变和时间的关系曲线；通过材料力学性能试验机得到整个挤压过程中的载荷变化曲线，即载荷和时间的关系曲线；通过公式

$$[0067] \quad P = \sigma \frac{2\pi H(\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0068] 将载荷转化成周向应力，得到周向应力和时间的关系曲线。上式中： H 为管件高度； T 为管件壁厚； σ 为管件周向应力； μ 为摩擦系数， μ 的取值为 0.16； β 为锥形压头的半锥角， $\beta = 10^\circ$ ；重复步骤 2 至步骤 5，对十个试件逐一进行测试分别获得各试件的力学性能。

[0069] 步骤 6、获得薄壁管件周向力学性能参数；取十个测试结果的平均值获得薄壁管件周向力学性能参数。

[0070] 如附图 3 所示。本实施例利用应力和应变与时间的一致性，将周向应变和时间的关系曲线同周向应力和时间的关系曲线合成，得到管件周向的应力应变曲线，同时也得到管件的周向屈服强度 σ_s 为 976.09MPa，抗拉强度 σ_b 为 1228.19MPa，弹性模量 E 为 198.16GPa。

[0071] 本实施例中，标定试验中，公式

$$[0072] \quad P = \frac{2\pi H t \sigma (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0073] 是根据附图 1 所示的摩擦力和锥形压头对模瓣的反作用力 Q 确定；每一个模瓣受力后的平衡方程式为：

$$[0074] \quad \begin{cases} -\frac{P}{n} + Q \sin \beta + \mu Q \cos \beta = 0 & (1) \\ -\mu \frac{P}{n} + Q \cos \beta - \mu Q \sin \beta - p' H \frac{D}{2} a = 0 & (2) \end{cases}$$

[0075] (1) 式为模瓣垂直方向平衡方程式

[0076] (2) 式为模瓣水平方向平衡方程式

[0077] 将上述两方程联立，并以 $n = 2\pi/a$ ， $p' = (2t/D)\sigma$ 代入，得到薄壁管件胀形所需的轴向压力。上式中： n 为瓣模的模瓣数； a 为模瓣弧度， p' 为胀形力， D 为薄壁管件的外径， H 为管件高度； t 为管件壁厚； σ 为管件周向应力； β 为锥形压头的半锥角， u 为摩擦系

数。

[0078] 实施例三

[0079] 本实施例是一种测试 7050 高强铝合金管件周向力学性能的测试方法。

[0080] 本实施例采用四瓣瓣模式薄壁管件周向力学性能测试装置,测试 7050 高强铝合金管件的周向力学性能。试件数量为十二个,其具体尺寸为 $\varnothing 24\text{mm} \times 1\text{mm}$,高度为 20mm。在材料力学性能试验机上的加载速度为 5mm/min。

[0081] 利用本实施例测试装置挤胀管件时,通过材料力学性能试验机驱动锥形压头,锥形压头向下沿管件作轴向运动,从而使锥形压头驱动瓣模径向向外撑开,具体测试过程包括以下步骤:

[0082] 步骤 1、通过标定试验确定摩擦系数 μ ;

[0083] 本实施例中的标定试验过程:取一个标定试件,在该试件的轴向对称面处的外圆周上,沿周向贴上应变片;通过导线将应变片与应变仪连接起来。将瓣模放置于被测试的管件中,将锥形压头插入瓣模内;将装有锥形压头的瓣模置于保护套内。通过在材料性能试验机上,对薄壁管件周向应力测试装置施加载荷 16000N。通过待测标定管件上的应变片得到的应变值及标定件的已知弹性模量,相乘得到加载载荷的应力值;将加载载荷 P 和加载载荷的应力值 σ 代入公式

$$[0084] \quad P = \sigma \frac{2\pi t H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0085] 得到摩擦系数 $\mu = 0.16$ 。式中:H 为管件高度;t 为管件壁厚; σ 为管件周向应力; β 为锥形压头的半锥角, $\beta = 8^\circ$ 。

[0086] 上述标定管件的外形与尺寸同测试管件外形与尺寸;并且该标定管件的力学性能已知。

[0087] 步骤 2、工装准备;取一个试件,在该试件的轴向对称面处的外圆周上,沿周向贴上应变片;通过导线将应变片与应变仪连接起来。将瓣模放置于被测试的管件中,将锥形压头插入瓣模内;将装有锥形压头的瓣模置于保护套内。

[0088] 步骤 3、确定胀裂管件所需的压力;根据拉伸试验得到的高强铝合金抗拉强度为 565MPa,根据附图 1 所示的受力情况,通过下式

$$[0089] \quad P = \sigma \frac{2\pi H (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0090] 得到将薄壁管件胀裂所需要的最大加载压力为 22941N,选择 5 吨位的材料力学性能试验机。

[0091] 式中:H 为管件高度;T 为管件壁厚; σ 为管件周向应力; μ 为摩擦系数, $\mu = 0.16$; β 为锥形压头的半锥角, $\beta = 8^\circ$ 。

[0092] 步骤 4、对管件加载;通过材料力学性能试验机,使锥形压头以 5mm/min 的压下速度挤胀管件至管件胀裂。

[0093] 步骤 5、获得挤胀过程中管件周向应力和时间的关系曲线;通过应变仪记录下整个挤胀过程中管件周向的应变变化曲线,即周向应变和时间的关系曲线;通过材料力学性能试验机得到整个挤压过程中的载荷变化曲线,即载荷和时间的关系曲线;通过公式

$$[0094] \quad P = \sigma \frac{2\pi H(\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0095] 将载荷转化成周向应力,得到周向应力和时间的关系曲线。上式中:H为管件高度;T为管件壁厚; σ 为管件周向应力; μ 为摩擦系数, μ 的取值为0.16; β 为锥形压头的半锥角, $\beta = 8^\circ$;重复步骤2至步骤5,对十二个试件逐一进行测试分别获得各试件的力学性能。

[0096] 步骤6、获得薄壁管件周向力学性能参数;取十二个测试结果的平均值获得薄壁管件周向力学性能参数。

[0097] 如附图2所示。本实施例利用应力和应变与时间的一致性,将周向应变和时间的关系曲线同周向应力和时间的关系曲线合成,得到管件周向的应力应变曲线,同时也得到管件的周向屈服强度 σ_s 为480.57MPa,抗拉强度 σ_b 为543.05MPa,弹性模量E为56.79GPa。

[0098] 本实施例中,标定试验中,公式

$$[0099] \quad P = \frac{2\pi H t \sigma (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu^2 - 2\mu \tan \beta}$$

[0100] 是根据附图1所示的摩擦力和锥形压头对模瓣的反作用力Q确定;每一个模瓣受力后的平衡方程式为:

$$[0101] \quad \begin{cases} -\frac{P}{n} + Q \sin \beta + \mu Q \cos \beta = 0 & (1) \\ -\mu \frac{P}{n} + Q \cos \beta - \mu Q \sin \beta - p' H \frac{D}{2} a = 0 & (2) \end{cases}$$

[0102] (1)式为模瓣垂直方向平衡方程式

[0103] (2)式为模瓣水平方向平衡方程式

[0104] 将上述两方程联立,并以 $n = 2\pi/a$, $p' = (2t/D)\sigma$ 代入,得到薄壁管件胀形所需的轴向压力。上式中:n为瓣模的模瓣数;a为模瓣弧度, p' 为胀形力,D为薄壁管件的外径,H为管件高度;t为管件壁厚; σ 为管件周向应力; β 为锥形压头的半锥角, μ 为摩擦系数。

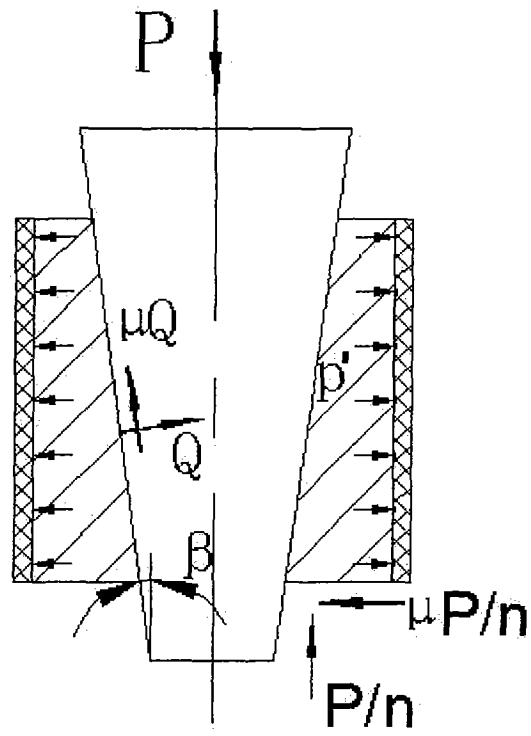


图 1

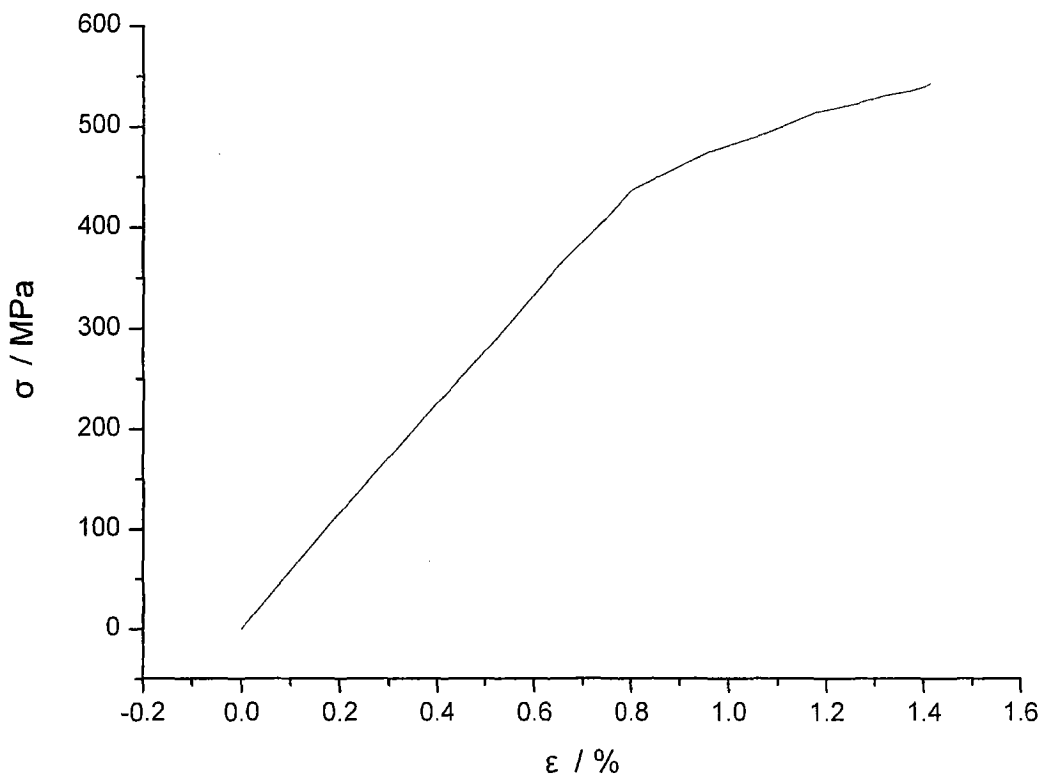


图 2

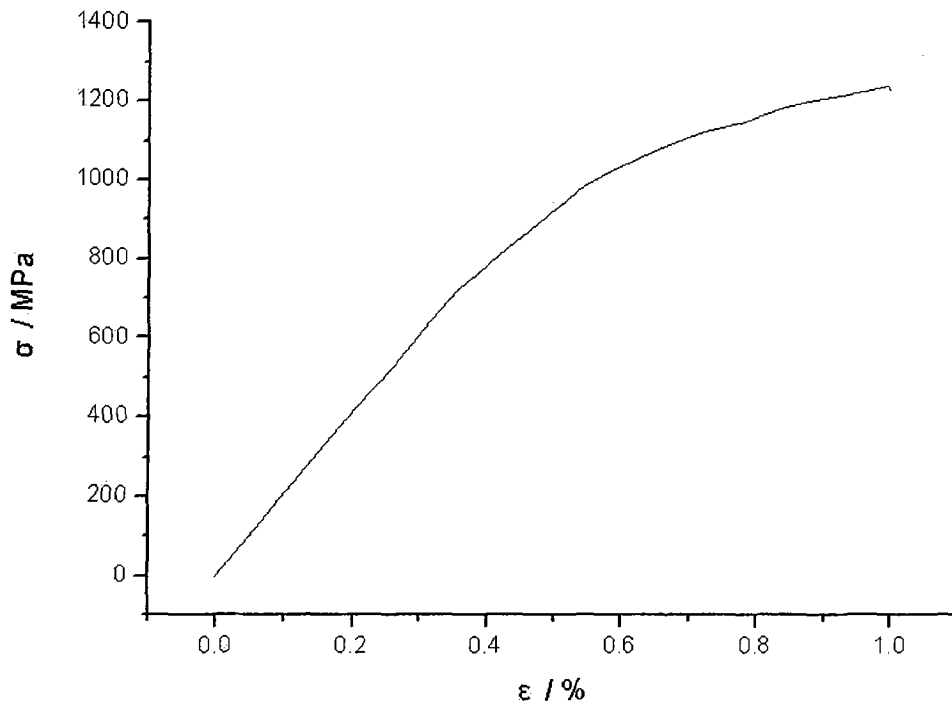


图 3

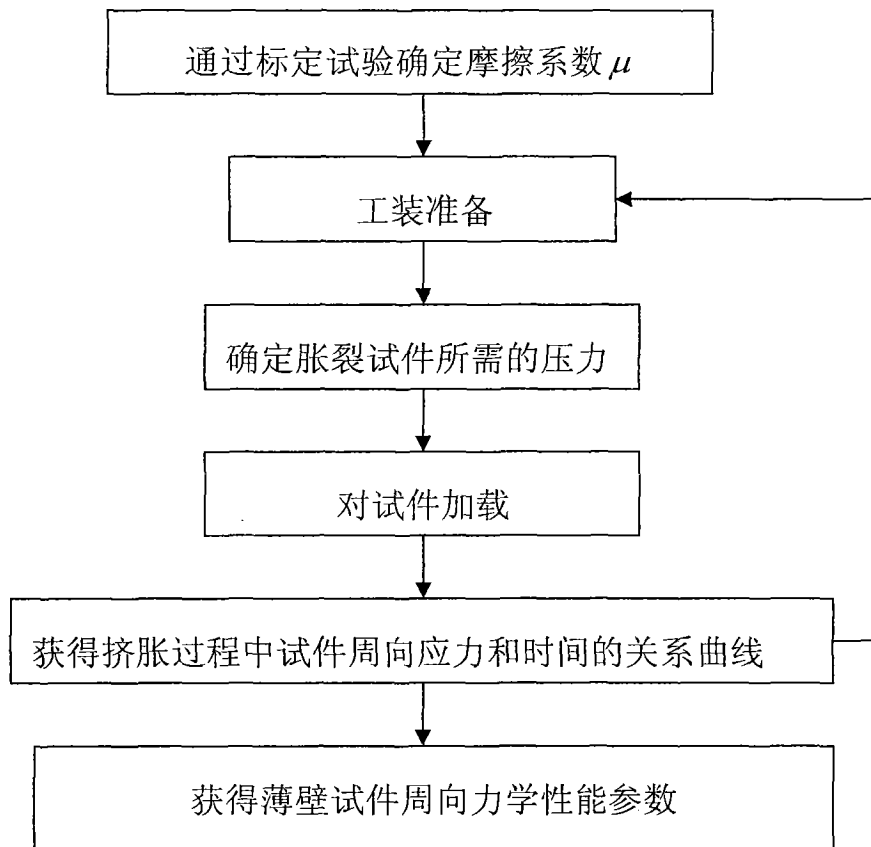


图 4