



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107091781 A

(43)申请公布日 2017.08.25

(21)申请号 201710410252.5

(22)申请日 2017.06.03

(71)申请人 中国科学院地球化学研究所

地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72)发明人 李胜斌 李和平 李涛 严登峰
周宏斌

(74)专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所
52100

代理人 商小川

(51)Int. Cl.

G01N 3/18(2006.01)

G01N 3/06(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置和方法

(57)摘要

本发明公开了一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置和方法,包括压力容器,压力容器水平方向内设置有密封的两轴向压杆,两压杆间放置钛合金试样,左侧压杆连接有轴向加压装置和位移传感器一,右侧压杆抵靠在底座内,压力容器外套接有加热溶液和钛合金试样的加热装置,其表面设置有压液口加热装置置于底座的凹槽内,与压力容器接触面设置有温度传感器,压液口连通到试样放置处,并通过管道连接到手动增压泵,轴向加压装置内设置有力传感器;本发明能够同时测量钛合金材料在高温高压下的力—变形量曲线以及高温高压下的弹性模量,试验温度可达700℃,试验围压可达100MPa。



1. 一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,其特征在於:包括压力容器(2),压力容器(2)水平方向内设置有密封的两轴向压杆(3,4),两压杆(3,4)间放置钛合金试样(5),左侧压杆(3)连接有轴向加压装置和测试左侧压杆移动量的位移传感器一(10),右侧压杆(4)抵靠在底座(1)内,压力容器(2)外套接有加热溶液和钛合金试样(5)的加热装置(6),其表面设置有压液口(7),加热装置(6)置于底座(1)的凹槽(8)内,与压力容器(2)接触面设置有温度传感器(9),压液口(7)连通到试样(5)放置处,并通过管道连接到手动增压泵,轴向加压装置内设置有力传感器(34)。

2. 根据权利要求1所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,其特征在於:右侧压杆(4)也设置有测量右侧压杆移动量的位移传感器二(11)。

3. 根据权利要求1所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,其特征在於:位移传感器一(10)、位移传感器二(11)、光栅读数头(31)、温度传感器(9)、加热装置(6)连接到控制器,控制器还连接有连接到管道上的液压传感器和驱动轴向加压装置加压的驱动电机,并通过导线连接到上位机。

4. 根据权利要求1所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,其特征在於:轴向加压装置采用机械式加压装置或电动式加压装置。

5. 根据权利要求1所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,其特征在於:电动式加压装置包括连接到左侧压杆(3)的推杆(12),推杆(12)通过直线轴承一(13)连接到固定板一(14)上,其左端连接到推板(15)上,推板(15)固定连接到两直线轴承二(16)上,其中部连接有丝杠(17),两直线轴承二(16)可活动地套接的两导向杆(21)两端分别固定连接到固定板二(22)和固定板一(14),与丝杠(17)相啮合的丝母(18)固定连接在转轴(19)内端内孔中,转轴(19)可转动地连接到固定板二(22)上,其外端通过同步带传输机构连接到驱动电机(20)。

6. 根据权利要求5所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,其特征在於:同步带传输机构包括主动轮(23)、从动轮(24)、过渡轮一(25)、过渡轮二(26)、第一皮带(27)和第二皮带(28),主动轮(23)连接到驱动电机(20)的输出轴上,并通过第一皮带(27)套接到过渡轮一(25)上,过渡轮一(25)通过过渡转轴(29)可旋转地连接过渡轮支架(30)上,过渡转轴(29)另一端连接有过渡轮二(26),过渡轮二(26)通过第二皮带(28)连接到从动轮(24),从动轮(24)套接在转轴(19)上。

7. 根据权利要求1所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,其特征在於:轴向加压装置连接左侧压杆(3)处设置有光栅读数头(31),光栅读数头(31)通过连接杆(32)固定连接在推杆(12)上,其读数头正对光栅尺(33),光栅尺(33)固定连接在底座(1)外壁上。

8. 根据权利要求5所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,其特征在於:推杆(12)通过力传感器(34)连接到推板(15)上,力传感器(34)中部通过螺纹通孔连接到推杆(12)端部,并通过锁紧螺母(35)锁紧推杆(12),力传感器(34)靠外通过螺钉固定连接在推板(15)上。

9. 根据权利要求1-8任一所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置的试验方法,其特征在於:该方法包括以下步骤:

(1) 用钛合金材料经机械加工成长度 $L=(5\sim 8)d$ 的圆柱形试样, d 为钛合金试样的直径,

L为钛合金试样的长度；

(2) 加工钛合金试样的表面粗糙度参数 $R_a=0.8\mu\text{m}$ ，两个底面的平行度小于 $5\mu\text{m}$ ；

(3) 在常温不同压力下、常压不同温度下和不同温度不同压力下对将钛合金试样装入压力容器中的两压杆间进行测试，在常温不同压力下获得力—变形量曲线和弹性模量，在不同温度不同压力下获得力—变形量曲线和弹性模量。

10. 根据权利要求9所述的一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置的试验方法，其特征在于：常压不同温度下的试验方法：先用两个压杆和样品进行测试，得出压杆和样品的力—变形量曲线 F_1-X_1 ，再用两根压杆在相同条件下直接对顶进行测试，得出相同温压条件下两根压杆的力—变形量曲线 F_2-X_2 ，则样品的力—变形量曲线为两根曲线相减 $(F-X)=(F_1-X_1)-(F_2-X_2)$ ；样品受的力等于力传感器直接测量的力，则样品的应力为 F/S ，其中 S 为样品的初始横截面积；样品的应变为 X/L ，其中 L 为样品初始长度，则样品的弹性模量为 $E=(F/S)/(X/L)$ ；

不同温度不同压力下的试验方法：先用两个压杆和样品进行测试，得出压杆和样品的力—变形曲线 F_1-X_1 ，再用两根压杆在相同条件下直接对顶进行测量，得出相同温压条件下两根压杆的力—变形曲线 F_2-X_2 ，当 $F_1=F_2$ 时，样品两端的力杆的变形相等，则样品的名义力—变形量曲线为两根曲线相减 $(F-X)=(F_1-X_1)-(F_2-X_2)$ ；力杆实际作用在样品上的力等于力传感器的力 F 减去 $P \times (S_2-S_1)$ ，其中， P 为围压压力， S_1 为样品的初始横截面积， S_2 为力杆的横截面积， (S_2-S_1) 为力杆与样品的截面积之差，则样品的应力为 $[F-P \times (S_2-S_1)]/S_1$ ，样品的应变为 X/L ， L 为样品的初始长度，则材料的弹性模量为 $E=\{[F-P \times (S_2-S_1)]/S_1\}/(X/L)$ 。

一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于高温高压实验装置技术领域,具体涉及一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置和方法。

背景技术

[0002] 钛合金由于具有许多优异的特性,因而,广泛用于发电厂的蒸汽轮机、航空发动机的压气机盘、叶片,高温压力容器等高温高压的地方。在设计钛合金零部件的过程中,要计算在高温高压环境下的疲劳强度、平面应力、应力集中等,而计算这些参数需要用到材料的弹性模量。目前,大多数试验研究只限于测量金属材料在常温常压下的弹性模量,一部分材料有高温常压下的弹性模量数据。然而,高温高压下弹性模量的研究十分缺乏,这其中的主要原因是相关的试验仪器缺乏。可用于在高温高压条件下测量钛合金力学性能的实验平台仅包括Paterson 压机、常规的三轴应力试验机和通常用于金属、合金、陶瓷等材料力学性能测试的高压釜 + 轴向应力实验装置。但是,该三类平台各自存在如下不足:

(1)三轴应力试验机技术中的Heard式、TAM系和MTS 815 型三类设备因传压介质的温度稳定性问题仅能在400 °C以下工作;

(2)三轴应力试验机技术中的Heard式、TAM系和MTS 815 型三类设备因传压介质为煤油或导热硅酮油等,无法模拟钛合金在高压水热环境下的实际工况;

(3)Paterson 压机存在以下问题:样品组装的封套铁筒承担了部分的加载力,仪器本身在加载力的作用下也存在变形,我们从仪器记录的数据计算出来的应力、应变数据被称为名义应力和名义应变,均比真实值偏大。因此必须针对每一个造成误差的因素进行逐步校正,方能获得真实应力和真实应变数据;

(4)Paterson 压机中固体样品需包裹在薄层样品套中,因样品套内水流体压力必须小于套外围压,因此当套内样品为致密的金属试件时将无法确保样品套内水流体与样品有充分的接触。

[0003] (5)有的三轴应力试验机做位移控制的数据信号来自拉线编码器,由于拉线编码器的精度较差,难以保证位移的控制精度。

[0004] (6)有的三轴应力试验机做位移控制的数据信号来自电机自带的旋转编码器,而旋转编码器是通过测量电机转动的角度来推算推板前进的距离,同样存在测量精度差的问题,难以保证位移的控制精度,而且由于旋转编码器安装在电机位置,没有考虑推板、力传感器、推杆等的变形,因此对位移的控制精度难以保证。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是:提供一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置和方法,实现在高温高压下钛合金弹性模量的测量,试验温度可达700 °C,试验围压可达100 MPa,以解决现有技术中存在的问题。

[0006] 本发明采取的技术方案为:一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,包

括压力容器,压力容器水平方向内设置有密封的两轴向压杆,两压杆间放置钛合金试样,左侧压杆连接有轴向加压装置和测试左侧压杆移动量的位移传感器一,右侧压杆抵靠在底座内,压力容器外套接有加热溶液和钛合金试样的加热装置,其表面设置有压液口,加热装置置于底座的凹槽内,与压力容器接触面设置有温度传感器,压液口连通到试样放置处,并通过管道连接到手动增压泵,轴向加压装置内设置有力传感器。

[0007] 优选的,上述右侧压杆也设置有测量右侧压杆移动量的位移传感器二。

[0008] 优选的,上述位移传感器一、移传感器二、光栅读数头、温度传感器、加热装置连接到控制器,控制器还连接有连接到管道上的液压传感器和驱动轴向加压装置加压的驱动电机,并通过导线连接到上位机。

[0009] 优选的,上述轴向加压装置采用机械式加压装置或电动式加压装置。

[0010] 优选的,上述电动式加压装置包括连接到左侧压杆的推杆,推杆通过直线轴承一连接到固定板一上,其左端连接到推板上,推板固定连接到两直线轴承二上,其中部连接有丝杠,两直线轴承二可活动地套接的两导向杆两端分别固定连接到固定板二和固定板一,与丝杠相啮合的丝母固定连接在转轴内端内孔中,转轴可转动地连接到固定板二上,其外端通过同步带传输机构连接到驱动电机。

[0011] 优选的,上述同步带传输机构包括主动轮、从动轮、过渡轮一、过渡轮二、第一皮带和第二皮带,主动轮连接到驱动电机的输出轴上,并通过第一皮带套接到过渡轮一上,过渡轮一通过过渡转轴可旋转地连接过渡轮支架上,过渡转轴另一端连接有过渡轮二,过渡轮二通过第二皮带连接到从动轮,从动轮套接在转轴上。

[0012] 优选的,上述轴向加压装置连接左侧压杆处设置有光栅读数头,光栅读数头通过连接杆固定连接在推杆上,其读数头正对光栅尺,光栅尺固定连接在底座外壁上。

[0013] 优选的,上述推杆通过力传感器连接到推板上,力传感器中部通过螺纹通孔连接到推杆端部,并通过锁紧螺母锁紧推杆,力传感器靠外通过螺钉固定连接在推板上。

[0014] 优选的,上述一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置的试验方法,该方法包括以下步骤:

(1) 将钛合金经机械加工成长度 $L=(5\sim 8)d$ 的圆柱形试样, d 为钛合金试样的直径, L 为试样的长度;

(2) 加工钛合金试样的表面粗糙度参数 $Ra=0.8\mu m$,两个底面的平行度小于 $5\mu m$;

(3) 在常温不同压力下、常压不同温度下和不同温度不同压力下对将钛合金试样装入压力容器中的两压杆间进行测试,在常温不同压力下获得力—变形量曲线和弹性模量,在不同温度不同压力下获得力—变形量曲线和弹性模量。

[0015] 优选的,上述常压不同温度下对钛合金试样测试的试验方法:先用两个压杆和样品进行测试,得出压杆和样品的力—变形量曲线 F_1-X_1 ,再用两根压杆在相同条件下直接对顶进行测试,得出相同温压条件下两根压杆的力—变形量曲线 F_2-X_2 ,则样品的力—变形量曲线为两根曲线相减 $(F-X)=(F_1-X_1)-(F_2-X_2)$;样品受的力等于力传感器直接测量的力,则样品的应力为 F/S ,其中 S 为样品的初始横截面积;样品的应变为 X/L ,其中 L 为样品初始长度,则试样的弹性模量为 $E=(F/S)/(X/L)$ 。

[0016] 不同温度不同压力下的试验方法:先用两个压杆和样品进行测试,得出压杆和样品的力—变形曲线 F_1-X_1 ,再用两根压杆在相同条件下直接对顶进行测量,得出相同温压条

件下两根压杆的力—变形曲线 F_2-X_2 ,当 $F_1=F_2$ 时,样品两端的力杆的变形相等,则样品的名义力—变形量曲线为两根曲线相减 $(F-X)=(F_1-X_1)-(F_2-X_2)$;力杆实际作用在样品上的力等于力传感器的力 F 减去 $P \times (S_2-S_1)$,其中, P 为围压压力, S_1 为样品的初始横截面积, S_2 为力杆的横截面积, (S_2-S_1) 为力杆与样品的截面积之差,则样品的应力为 $[F-P \times (S_2-S_1)]/S_1$,样品的应变为 X/L , L 为样品的初始长度。则材料的弹性模量为 $E=\{[F-P \times (S_2-S_1)]/S_1\}/(X/L)$ 。

[0017] 本发明的有益效果:与现有技术相比,本发明的效果如下:

(1) 本发明的传压介质为采用水流体、氩气或水流体与氩气的混合物,传压介质高温下稳定性好,因此可以达到 $700\text{ }^\circ\text{C}$ 工作,试验围压可达 100 MPa ;

(2) 本发明的传压介质为采用水流体、氩气或水流体与氩气的混合物,可以方便地模拟钛合金在高压水热环境下的实际工况;

(3) 本发明的样品直接与围压水流体接触,不存在Paterson 压机存在的样品封装铁筒承担加载力而造成名义应力比真实应力大的问题,不需要对仪器记录的应力数据进行校正;

(4) 本发明的样品直接与围压水流体接触,不存在Paterson 压机中样品与水流体不能充分接触的问题;

(5) 本发明采用高精度光栅尺进行位移控制,可以提高位移的控制精度,高精度光栅尺的分辨率可达 $0.01\text{ }\mu\text{m}$,精度可达 $3\text{ }\mu\text{m}/\text{m}$,比常用的拉线编码器精度高;

(6) 本发明采用高精度光栅尺安装在推杆右端部进行位移控制,可以提高位移的控制精度,减少力传感器、横梁、推杆变形对移动横梁位移的误差的影响,采用高精度光栅尺做恒定位移控制,可以做精确的应力松弛或者蠕变试验,例如给样品加载到设定的力,保持位移不动,试件出现应力松弛,测试件的应力松弛或者做蠕变实验。

附图说明

[0018] 图1是本发明的结构示意图;

图2是本发明的俯视结构示意图;

图3是本发明同步带连接处结构示意图;

图4是本发明的轴向加压装置结构示意图;

图5是 $100\text{ }^\circ\text{C}$, 10 MPa 条件下测量的TC11钛合金的力—变形量曲线图;

图6是TC11钛合金的弹性模量示意图。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图及具体的实施例对本发明进行进一步介绍。

[0020] 实施例1:如图1-图6所示,一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置,包括压力容器2,压力容器2水平方向内设置有密封的轴向左侧压杆3和轴向右侧压杆4,左侧压杆3和右侧压杆4间放置钛合金试样5,左侧压杆3连接有轴向加压装置和测试左侧压杆移动量的位移传感器一10,位移传感器一10通过刚性薄片37连接到左侧压杆端部,刚性薄片的刚性移动,位移传感器一测定的即为左侧压杆的移动量,右侧压杆4抵靠在底座1内,压力容器2外套接有加热溶液和钛合金试样5的加热装置6,其表面设置有压液口7,加热装置6置于底座1的凹槽8内,与压力容器2接触面设置有温度传感器9,压液口7连通到试样5放置处,并

通过管道连接到手动增压泵,轴向加压装置内设置有有力传感器34。

[0021] 优选的,上述右侧压杆4也设置有测量右侧压杆移动量的位移传感器二11,位移传感器二11通过刚性薄片38连接到右侧压杆端部,刚性薄片随着右侧压杆的刚性移动,位移传感器二测定的即为右侧压杆移动量。

[0022] 优选的,上述位移传感器一10、位移传感器二11、光栅读数头31、温度传感器9、加热装置6连接到控制器,控制器还连接有连接到管道上的液压传感器和驱动轴向加压装置加压的驱动电机,并通过导线连接到上位机,位移传感器一10、温度传感器9、加热装置6以及液压传感器能够实时监控变形量、温度大小、围压压力大小以及采用加热装置进行温度控制和采用增压泵实现压力控制。

[0023] 优选的,上述轴向加压装置采用机械式加压装置或电动式加压装置,机械式采用螺钉顶靠压杆。

[0024] 优选的,上述电动式加压装置包括连接到左侧压杆3的推杆12,推杆12通过直线轴承一13连接到固定板一14上,其左端连接到推板15上,推板15固定连接到两直线轴承二16上,其中部连接有丝杠17,两直线轴承二16可活动地套接的两导向杆21两端分别通过固定螺钉固定连接到固定板二22和固定板一14,与丝杠17相啮合的丝母18固定连接在转轴19内端内孔中,转轴19可转动地连接到固定板二22上,其外端通过同步带传输机构连接到驱动电机20。

[0025] 优选的,上述同步带传输机构包括主动轮23、从动轮24、过渡轮一25、过渡轮二26、第一皮带27和第二皮带28,主动轮23连接到驱动电机20的输出轴上,并通过第一皮带27套接到过渡轮一25上,过渡轮一25通过过渡转轴29可旋转地连接过渡轮支架30上,过渡转轴29另一端连接有过渡轮二26,过渡轮二26通过第二皮带28连接到从动轮24,从动轮24套接在转轴19上。

[0026] 优选的,上述轴向加压装置连接左侧压杆3处设置有光栅读数头31,光栅读数头31通过连接杆32固定连接在推杆12上,其读数头正对光栅尺33,光栅尺33固定连接在底座1外壁上。

[0027] 优选的,上述推杆12通过力传感器34连接到推板15上,力传感器34中部通过螺纹通孔连接到推杆12端部,并通过锁紧螺母35锁紧推杆12,力传感器34靠外通过螺钉固定连接在推板15上。

[0028] 优选的,上述一种在高压水热环境下钛合金力学性能试验装置的试验方法,该方法包括以下步骤:

(1) 用钛合金棒料经机械加工成长度 $L=(5\sim 8)d$ 的圆柱形试样, d 为钛合金试样的直径, L 为试样的长度;

(2) 加工钛合金试样的表面粗糙度参数 $Ra=0.8\mu\text{m}$,两个底面的平行度小于 $5\mu\text{m}$;

(3) 在常温不同压力下、常压不同温度下和不同温度不同压力下对将钛合金试样装入压力容器中的两压杆间进行测试,在常温不同压力下获得力—变形量曲线和弹性模量,在不同温度不同压力下获得力—变形量曲线和弹性模量。

[0029] 优选的,上述常压不同温度下对钛合金试样测试的试验方法:先用两个压杆和样品进行测试,得出压杆和样品的力—变形量曲线 F_1-X_1 ,再用两根压杆在相同条件下直接对顶进行测试,得出相同温压条件下两根压杆的力—变形量曲线 F_2-X_2 ,则样品的力—变形量

曲线为两根曲线相减 $(F-X) = (F_1-X_1) - (F_2-X_2)$;样品受的力等于力传感器直接测量的力,则样品的应力为 F/S ,其中 S 为样品的初始横截面积;样品的应变为 X/L ,其中 L 为样品初始长度,则样品的弹性模量为 $E = (F/S) / (X/L)$;

常温不同压力下的试验流程:

- (1) 按顺序对密封圈、样品、压杆、加热炉、LVDT等进行组装;
- (2) 给样品施加设定的预紧力,预紧力大小根据围压作用在压杆上的推力确定,预紧力适当大于围压 \times 压杆的截面积;
- (3) 通过手动增压泵对压力容器进行加压;
- (4) 开始测试;
- (5) 在相同压力条件下,不放样品,把压杆直接对顶,测试一遍,用于仪器变形的校正。

[0030] 常压不同温度下的试验流程:

- (1) 按顺序对密封圈、样品、压杆、加热炉、LVDT等进行组装;
- (2) 给样品施加设定的预紧力;
- (3) 通过设置加热程序,开启循环冷却水,开始加热,加热到预定温度后保温时间大于30min,使样品温度稳定;
- (4) 开始测试;
- (5) 在相同的温度条件下,不放样品,把压杆直接对顶,测试一遍,用于仪器变形的校正。

[0031] 不同温度不同压力下的试验方法:先用两个压杆和样品进行测试,得出压杆和样品的力—变形曲线 F_1-X_1 ,再用两根压杆在相同条件下直接对顶进行测量,得出相同温压条件下两根压杆的力—变形曲线 F_2-X_2 ,当 $F_1=F_2$ 时,样品两端的力杆的变形相等,则样品的名义力—变形量曲线为两根曲线相减 $(F-X) = (F_1-X_1) - (F_2-X_2)$;力杆实际作用在样品上的力等于力传感器的力 F 减去 $P \times (S_2-S_1)$,其中, P 为围压压力, S_1 为样品的初始横截面积, S_2 为力杆的横截面积, (S_2-S_1) 为力杆与样品的截面积之差,则样品的应力为 $[F - P \times (S_2-S_1)] / S_1$,样品的应变为 X/L , L 为样品的初始长度,则材料的弹性模量为 $E = \{ [F - P \times (S_2-S_1)] / S_1 \} / (X/L)$ 。。

[0032] 不同温度不同压力下的试验流程:

- (1) 按顺序对密封圈、样品、压杆、加热炉、LVDT等进行组装;
- (2) 设定加热程序,开启循环冷却水,开始加热,加热到目标温度后进行保温,保温时间大于30min;
- (3) 给样品施加设定的预紧力,预紧力大小根据围压作用在压杆上的推力确定,预紧力适当大于围压 \times 压杆的截面积;
- (4) 通过手动增压泵对压力容器进行加压,加压到目标压力后继续保温10min;
- (5) 开始测试;
- (6) 在相同的温度、压力条件下,不放样品,把压杆直接对顶,测试一遍,用于仪器变形的校正。

[0033] 图5是100 °C,10 MPa条件下测量的TC11钛合金的力—变形量曲线,其中横坐标是力传感器测量的数据,纵坐标是位移传感器测量的数据,变形量是位移传感器二与位移传感器一差值的绝对值,曲线1是放TC11样品测量的力—变形曲线,曲线2是不放样品单独仪器

的力-变形曲线,曲线3是曲线1和曲线2的纵坐标差值,即扣除仪器变形量后的样品名义力-变形数据。

[0034] 然后,用样品的名义力-变形数据进行处理,其中力传感器测量的数据包含围压对压杆产生一个向外的推力,需要扣除这个围压产生的推力才能得出真实作用在样品上的轴向推力。由于压杆的横截面积大于样品的横截面积,因此围压产生的推力为围压 $P \times (S_2 - S_1)$,其中 S_2 为压杆的横截面积, S_1 为样品的初始横截面积, P 为围压。则样品的应力为 $[F - P \times (S_2 - S_1)] / S_1$,样品的应变为 X/L , X 为图5中的曲线3的变形量, L 为样品的初始长度。则材料的弹性模量为 $E = \{ [F - P \times (S_2 - S_1)] / S_1 \} / (X/L)$,重复上述步骤,进行不同温度不同围压的实验,得出的TC11钛合金弹性模量数据如下图6所示。

[0035] 图6横坐标是围压,纵坐标是计算得到的TC11钛合金的弹性模量数据,方块点是100 °C不同围压下测得的弹性模量数据,圆点是300 °C不同围压下测得的弹性模量数据,三角是400 °C不同围压下测得的弹性模量数据。可见在同一温度下,随着围压升高,TC11 钛合金的弹性模量增加。在同一围压下,随着温度的升高,TC11 钛合金的弹性模量降低。

[0036] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内,因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

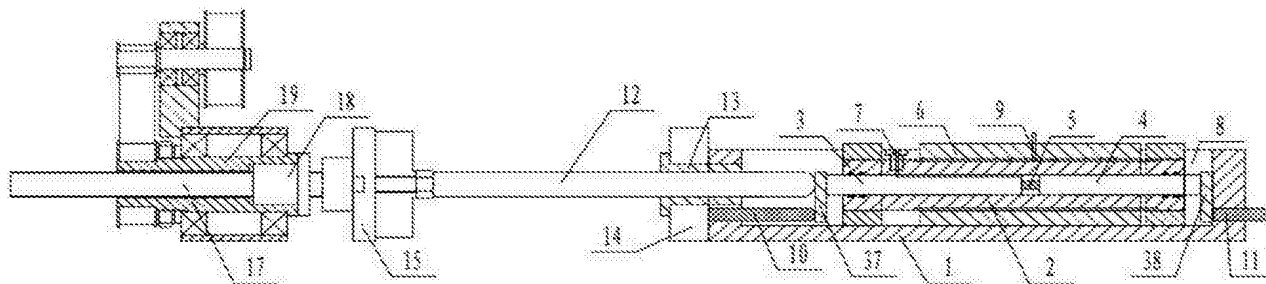


图1

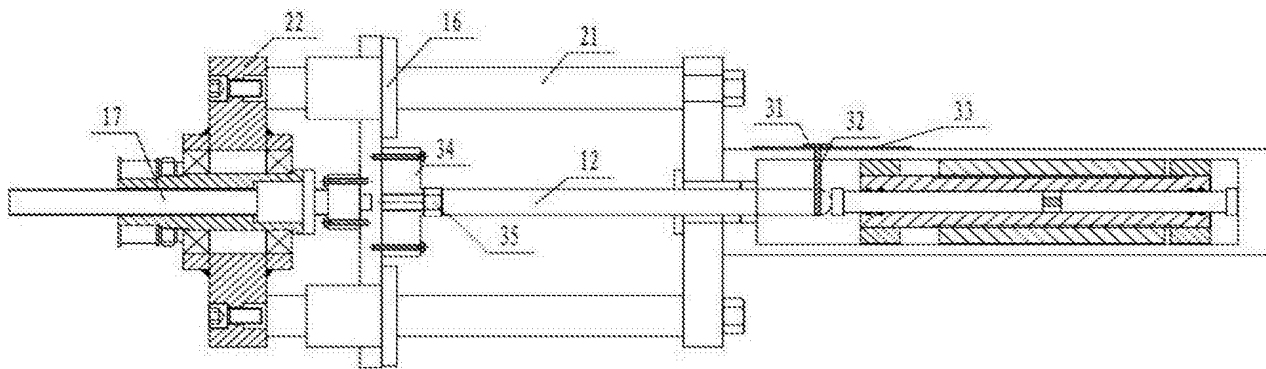


图2

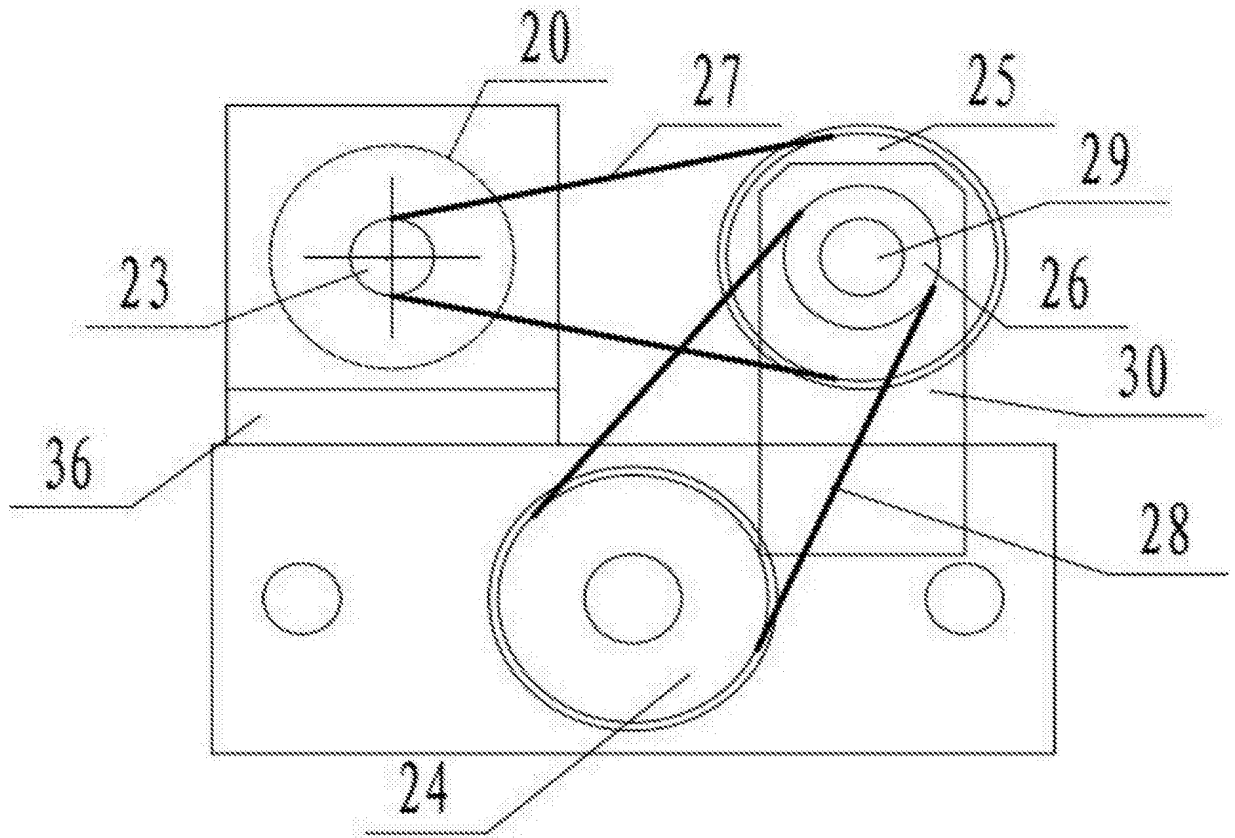


图3

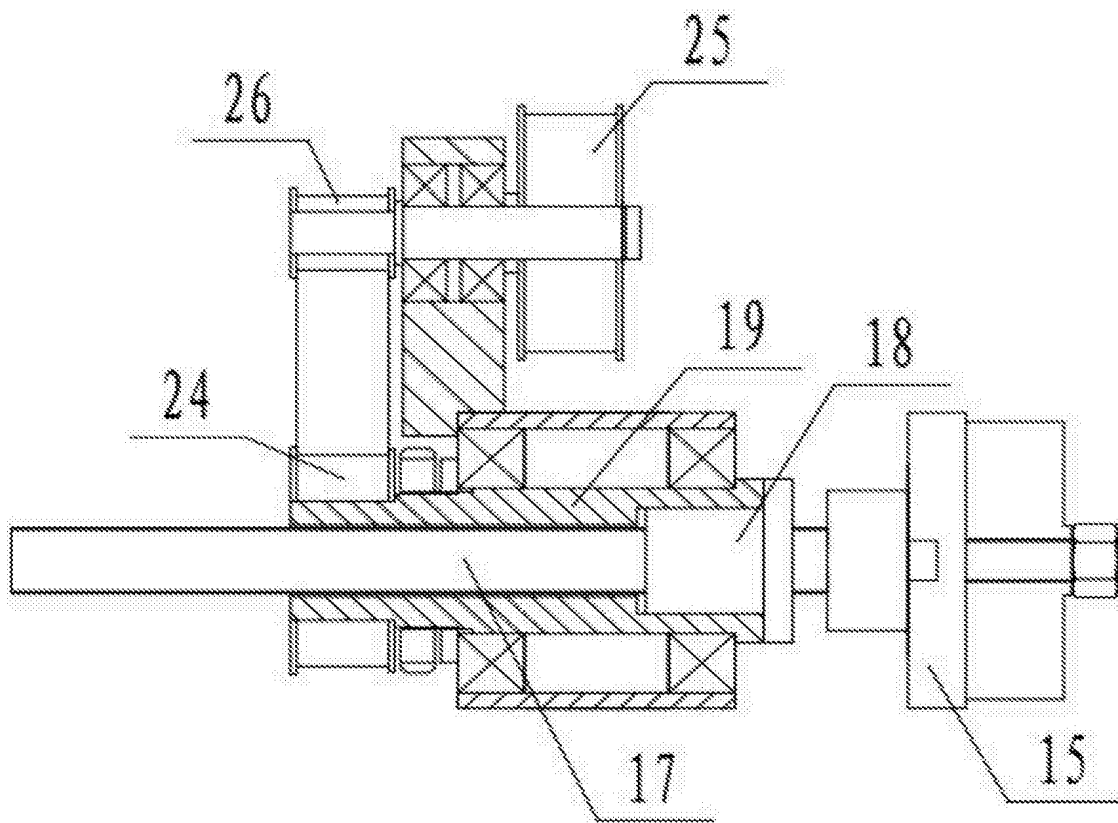


图4

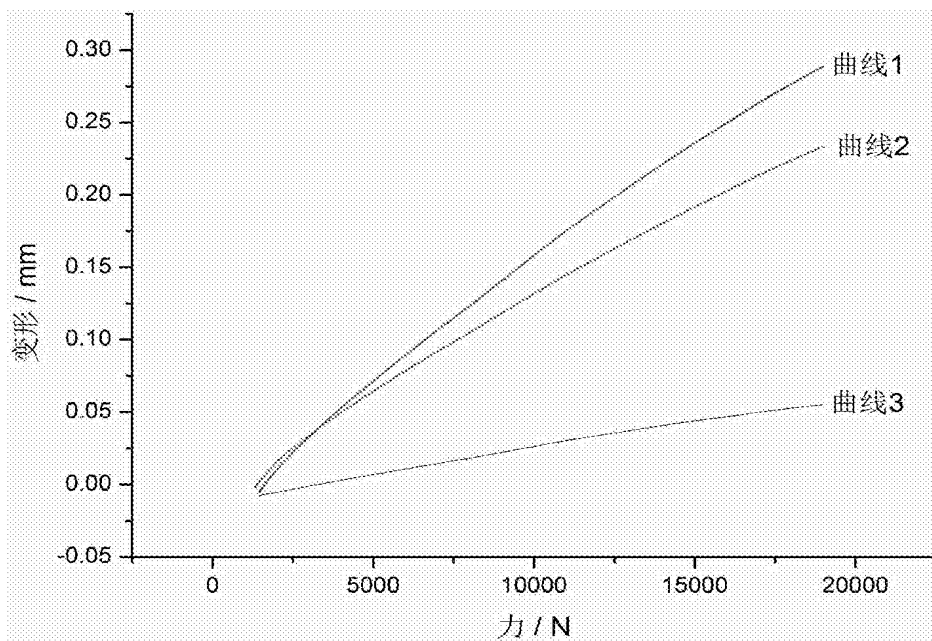


图5

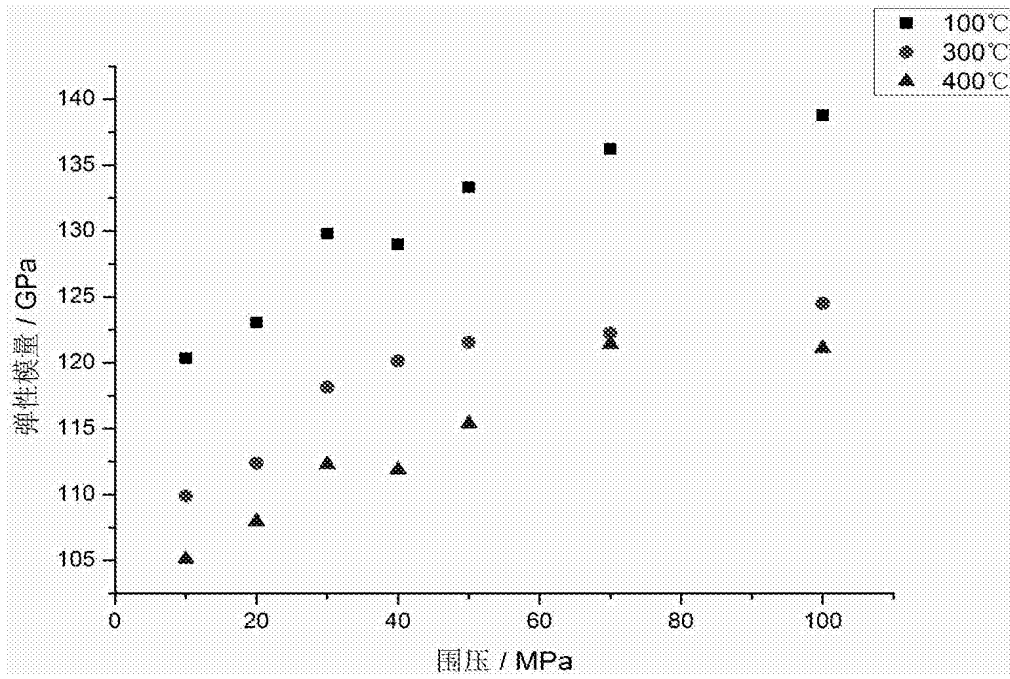


图6