



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104155425 B

(45) 授权公告日 2016.03.02

(21) 申请号 201410428063.7

(22) 申请日 2014.08.27

(73) 专利权人 辽宁永动力能源材料有限公司

地址 113122 辽宁省抚顺市抚顺经济开发区
沈东五路 19 号

(72) 发明人 刘国忠 夏春明 张文家 胡俊宏
郭忠峰

(74) 专利代理机构 沈阳杰克知识产权代理有限公司 21207

代理人 金春华

CN 102928315 A, 2013.02.13,
KR 10-0731146 B1, 2007.06.22,
US 2012/0225009 A1, 2012.09.06,
JP 特开 2006-177535 A, 2006.07.06,
赵立军等. 材料储氢性能自动测试装置设计与试验.《微计算机信息》.2006, 第 22 卷(第 9-1 期), 第 7-9、96 页.

陈通进. 储氢合金 PCT 性能测试系统和实验分析.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程技术 I 辑》.2008, (第 10 期), 第 B022-18 页.

审查员 帅丽

(51) Int. Cl.

G01N 33/20(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101419149 A, 2009.04.29,

CN 101858842 A, 2010.10.13,

CN 1327152 A, 2001.12.19,

CN 1601281 A, 2005.03.30,

CN 101477018 A, 2009.07.08,

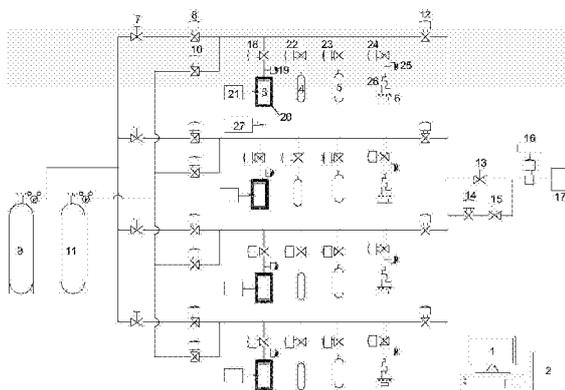
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种高精度 PCT 测试仪及测试储氢合金材料 PCT 的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种高精度 PCT 测试仪及测试储氢合金材料 PCT 的方法。采用的技术方案是：高精度 PCT 测试仪，包括计算机和控制系统，设有若干并联设置的测试通道；每个测试通道：在主管道上设有样品室和压力传感器，主管道的一端分别与氢气瓶和氩气瓶连接；另一端通过排气阀、手动排气截止阀或自动排气节流阀和自动排气阀与真空计连接，真空计与真空泵连接；样品室与主管道连接，样品室外活动连接加热装置，温度控制仪与加热装置连接组成样品室加热系统；压力传感器与压力传感器仪表连接组成压力测量系统，测试仪上安装环境温度测试装置。通过本测试仪可以测定储氢合金材料的吸放氢特性。



CN 104155425 B

1. 一种储氢合金材料的 PCT 测试方法,其特征在于方法如下:

1) 称取样品,将样品装入样品室,启动真空泵,打开手动排气截止阀、排气阀、样品室控制阀、储气罐 I 控制阀、储气罐 II 控制阀、压力传感器控制阀,给系统抽真空,真空度达到 0.08Pa,关闭排气阀;

2) 清洗系统:打开氩气进气控制阀给系统充入氩气,充气压力达到 0.02MPa,关闭氩气进气控制阀,打开排气阀给系统抽真空,真空度达到 0.08Pa,关闭排气阀;

3) 样品活化:打开氢气瓶,压力调到 3MPa,打开氢气进气调节阀,加热装置加热,使样品室温度升到 200℃,打开氢气进气控制阀,充入氢气,充气压力 3MPa,保温 30 分钟,加热装置撤离样品室,将样品室浸入冷水中冷却,对样品活化;

4) 脱氢:重新安装加热装置,升温到 200℃,打开排气阀,给系统抽真空 30 分钟,关闭手动排气截止阀,打开自动排气节流阀和自动排气阀;

5) 启动计算机;

6) 温度控制仪温度设定 t_1 ,当样品室温度达到 t_1 后,关闭样品室控制阀、储气罐 I 控制阀、储气罐 II 控制阀和排气阀,计算机采集系统压力 P_0 、环境温度 t_{00} 、样品室温度 t_{10} ;

7) 第一次充氢:打开氢气进气控制阀,氢气压力达到第一次充氢设定值 P_1' ,氢气进气控制阀自动关闭,系统内压力稳定后,计算机采集系统压力 P_1 、环境温度 t_{01} 、样品室温度 t_{11} ,此时系统内氢气量为 n_1 ,单位 mol:

$$n_1 = \frac{P_1 V_g k_1}{(t_{01} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{01})P_1)} + \frac{P_0 V_{s0} k_1}{(t_{00} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{00})P_0)} + \frac{P_0 V_{s1} k_1}{(t_{10} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{10})P_0)}$$

其中, V_g :管路体积; V_{s0} :样品室至主管道之间的体积; V_{s1} :样品室体积;

$k_1 = 4.119875 \times 10^{-5}$; $k_2 = 2.3625 \times 10^{-8}$; $k_3 = 6.075 \times 10^{-9}$;

8) 第一次吸氢:打开样品室控制阀,样品开始吸氢,当样品吸氢后系统气压力稳定时,关闭样品室控制阀,计算机采集系统压力 P_2 、环境温度 t_{02} 、样品室温度 t_{12} 、此时系统内氢气量为 n_2 ,单位 mol:

$$n_2 = \frac{P_2 (V_g + V_{s0}) k_1}{(t_{02} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{02})P_2)} + \frac{P_2 V_{s1} k_1}{(t_{12} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{12})P_2)}$$

第一次样品吸氢气量 $\Delta n_1 = n_1 - n_2$,到第一次样品共吸氢气 $\Sigma \Delta n_1 = \Delta n_1$;

9) 第二次充氢:打开氢气进气控制阀,氢气压力达到第二次充氢设定值 P_3' ,氢气进气控制阀自动关闭,当系统内压力稳定后,计算机采集系统压力 P_3 、环境温度 t_{03} 、样品室温度 t_{13} ,此时系统内氢气量为 n_3 ,单位 mol:

$$n_3 = \frac{P_3 V_g k_1}{(t_{03} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{03})P_3)} + \frac{P_2 V_{s1} k_1}{(t_{12} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{12})P_2)}$$

10) 第二次吸氢:打开样品室控制阀,样品开始吸氢,当样品吸氢后系统气压力稳定时,关闭样品室控制阀,计算机采集系统压力 P_4 、环境温度 t_{04} 、样品室温度 t_{14} ,此时系统内氢气量为 n_4 ,单位 mol:

$$n_4 = \frac{P_4 (V_g + V_{s0}) k_1}{(t_{04} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{04})P_4)} + \frac{P_4 V_{s1} k_1}{(t_{14} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{14})P_4)}$$

第二次样品吸氢气量 $\Delta n_2 = n_3 - n_4$, 到第二次样品共吸氢气 $\Sigma \Delta n_2 = \Delta n_1 + \Delta n_2$;

11) 如此重复 7)-10) 步骤, 直到样品达到饱和吸氢量; 放氢过程和吸氢过程的计算方法相同;

12) PCT 曲线绘制: 以氢原子与材料原子比 $H/M = \frac{\Sigma \Delta n_i * 2}{W/F}$ 为横坐标, 以每次吸氢后系统平衡压力 LgP_i 为纵坐标做图, 即得到 PCT 曲线; 其中, W: 样品重量; F: 样品分子量。

2. 如权利要求 1 所述的 PCT 测试方法, 其特征在于方法如下: 当样品吸氢气量大于 0.015mol 时, 启动储气罐 I, 此时管路总体积为 V_{G1} , $V_{G1} = V_g + V_{g1}$, 其中 V_{g1} 为储气罐 I 的体积, 将所有步骤公式中的 V_g 变更为 V_{G1} 。

3. 如权利要求 1 所述的 PCT 测试方法, 其特征在于方法如下: 当样品吸氢气量大于 0.035mol 时, 启动储气罐 II, 此时管路总体积为 V_{G2} , $V_{G2} = V_g + V_{g2}$, 其中 V_{g2} 为储气罐 II 的体积, 将所有步骤公式中的 V_g 变更为 V_{G2} 。

一种高精度 PCT 测试仪及测试储氢合金材料 PCT 的方法

技术领域

[0001] 本发明主要涉及一种储氢合金材料的压力 (P) —组成 (C) —温度 (T) 特性的测试装置及测试方法。

背景技术

[0002] 储氢合金是绿色环保功能材料,主要应用于二次电池镍氢电池。镍氢电池的环保优势,使得镍氢电池正逐步取代铅酸蓄电池和镍镉电池。储氢材料重要的特性是吸放氢特性,而研发高性能的储氢合金材料也是本领域的技术人员长期课题,储氢合金材料的吸放氢特性可以通过材料在一定温度下,材料吸氢量与压力的平衡关系确定,因此研发一种可以测定储氢合金材料的压力 (P) —组成 (C) —温度 (T) 的关系的测试仪十分必要。

发明内容

[0003] 为了测试储氢合金吸放氢特性,本发明提供了一种高精度 PCT 测试仪。

[0004] 本发明的另一目的是通过测试仪测定储氢合金材料的吸放氢特性。

[0005] 本发明采用的技术方案是:一种高精度 PCT 测试仪,包括计算机和控制系统,设有若干并联设置的测试通道;每个测试通道的结构是:在主管道上设有样品室和压力传感器,主管道的一端分别通过氢气进气调节阀和氢气进气控制阀与氢气瓶连接,通过氩气进气控制阀与氩气瓶连接;主管道的另一端设有排气阀,排气阀分别通过手动排气截止阀或自动排气节流阀和自动排气阀与真空计连接,真空计与真空泵连接;样品室通过样品室控制阀与主管道连接,样品室防爆阀安装在样品室和样品室控制阀之间,样品室外活动连接加热装置,温度控制仪与加热装置连接组成样品室加热系统;压力传感器与压力传感器仪表连接组成压力测量系统,通过压力传感器控制阀、压力传感器安全阀与主管道连接;测试仪上安装环境温度测试装置。

[0006] 上述的一种高精度 PCT 测试仪,每个测试通道上设有储气罐 I 和储气罐 II,储气罐 I 通过储气罐 I 控制阀与主管道连接;储气罐 II 通过储气罐 II 控制阀与主管道连接。

[0007] 一种储氢合金材料的 PCT 测试方法,利用上述的测试仪,方法如下:

[0008] 1) 称取样品,将样品装入样品室,启动真空泵,打开手动排气截止阀、排气阀、样品室控制阀、储气罐 I 控制阀、储气罐 II 控制阀、压力传感器控制阀,给系统抽真空,真空度达到 0.08Pa,关闭排气阀;

[0009] 2) 清洗系统:打开氩气进气控制阀给系统充入氩气,充气压力达到 0.02MPa,关闭氩气进气控制阀,打开排气阀给系统抽真空,真空度达到 0.08Pa,关闭排气阀;

[0010] 3) 样品活化:打开氢气瓶,压力调到 3MPa,打开氢气进气调节阀,加热装置加热,使样品室温度升到 200℃,打开氢气进气控制阀,充入氢气,充气压力 3MPa,保温 30 分钟,加热装置撤离样品室,将样品室浸入冷水中冷却,对样品活化;

[0011] 4) 脱氢:重新安装加热装置,升温到 200℃,打开排气阀,给系统抽真空 30 分钟,关闭手动排气截止阀,打开自动排气节流阀和自动排气阀;

[0012] 5) 启动计算机；

[0013] 6) 温度控制仪温度设定 t_1 ，当样品室温度达到 t_1 后，关闭样品室控制阀、储气罐 I 控制阀、储气罐 II 控制阀和排气阀，计算机采集系统压力 P_0 、环境温度 t_{00} 、样品室温度 t_{10} ；

[0014] 7) 第一次充氢：打开氢气进气控制阀，氢气压力达到第一次充氢设定值 P_1' ，氢气进气控制阀自动关闭，系统内压力稳定后，计算机采集系统压力 P_1 、环境温度 t_{01} 、样品室温度 t_{11} ，此时系统内氢气量为 n_1 ，单位 mol；

[0015]

$$n_1 = \frac{P_1 V_g k_1}{(t_{01} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{01}) P_1)} + \frac{P_0 V_{s0} k_1}{(t_{00} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{00}) P_0)} + \frac{P_0 V_{s1} k_1}{(t_{10} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{10}) P_0)}$$

[0016] 其中， V_g ：管路体积； V_{s0} ：样品室至主管道之间的体积； V_{s1} ：样品室体积；

[0017] $k_1 = 4.119875 \times 10^{-5}$ ； $k_2 = 2.3625 \times 10^{-8}$ ； $k_3 = 6.075 \times 10^{-9}$ ；

[0018] 8) 第一次吸氢：打开样品室控制阀，样品开始吸氢，当样品吸氢后系统气压力稳定时，关闭样品室控制阀，计算机采集系统压力 P_2 、环境温度 t_{02} 、样品室温度 t_{12} ，此时系统内氢气量为 n_2 ，单位 mol；

$$n_2 = \frac{P_2 (V_g + V_{s0}) k_1}{(t_{02} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{02}) P_2)} + \frac{P_2 V_{s1} k_1}{(t_{12} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{12}) P_2)}$$

[0020] 第一次样品吸氢气量 $\Delta n_1 = n_1 - n_2$ ，到第一次样品共吸氢气 $\Sigma \Delta n_1 = \Delta n_1$ ；

[0021] 9) 第二次充氢：打开氢气进气控制阀，氢气压力达到第二次充氢设定值 P_3' ，氢气进气控制阀自动关闭，当系统内压力稳定后，计算机采集系统压力 P_3 、环境温度 t_{03} 、样品室温度 t_{13} ，此时系统内氢气量为 n_3 ，单位 mol；

$$n_3 = \frac{P_3 V_g k_1}{(t_{03} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{03}) P_3)} + \frac{P_2 V_{s1} k_1}{(t_{12} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{12}) P_2)}$$

[0023] 10) 第二次吸氢：打开样品室控制阀，样品开始吸氢，当样品吸氢后系统气压力稳定时，关闭样品室控制阀，计算机采集系统压力 P_4 、环境温度 t_{04} 、样品室温度 t_{14} ，此时系统内氢气量为 n_4 ，单位 mol；

$$n_4 = \frac{P_4 (V_g + V_{s0}) k_1}{(t_{04} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{04}) P_4)} + \frac{P_2 V_{s1} k_1}{(t_{12} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{12}) P_2)}$$

[0025] 第二次样品吸氢气量 $\Delta n_2 = n_3 - n_4$ ，到第二次样品共吸氢气 $\Sigma \Delta n_2 = \Delta n_1 + \Delta n_2$ ；

[0026] 11) 如此重复 7)-10) 步骤，直到样品达到饱和吸氢量；放氢过程和吸氢过程的计算方法相同；

[0027] 12) PCT 曲线绘制：以氢原子与材料原子比 $H/M = \frac{\Sigma \Delta n_i * 2}{W/F}$ 为横坐标，以每次吸氢后系统平衡压力 $\lg P_i$ 为纵坐标做图，即得到 PCT 曲线；

[0028] 其中， W ：样品重量； F ：样品分子量。

[0029] 上述的 PCT 测试方法：当样品吸氢气量大于 0.015mol 时，启动储气罐 I，此时管路总体积为 V_{G1} ， $V_{G1} = V_g + V_{g1}$ ，其中 V_{g1} 为储气罐 I 的体积，将所有步骤公式中的 V_g 变更为 V_{G1} 。

[0030] 上述的 PCT 测试方法：当样品吸氢气量大于 0.035mol 时，启动储气罐 II，此时管路

总体积为 V_{G2} , $V_{G2} = V_g + V_{g2}$, 其中 V_{g2} 为储气罐 II 的体积, 将所有步骤公式中的 V_g 变更为 V_{G2} 。

[0031] 上述的一种高精度 PCT 测试仪, 测量范围 0-3.3MPa, 压力测试精度 ± 0.0003 MPa。

[0032] 本发明的有益效果是: 本发明, 在已知容积的容器中充入氢气, 通过修正的气体方程计算出容器中氢气的量, 将氢气通入已知容积的恒温样品室中, 使氢气与吸氢材料接触达到吸放氢平衡, 再通过气体方程计算出吸氢材料吸氢后系统中剩余的氢气, 从而得出该平衡压下的吸氢量, 反复进行这一过程就能得出一定温度下, 材料吸氢量与压力的平衡关系。因此通过本发明可以测试储氢合金材料的吸放氢特性, 为本领域的科研工作者提供了一种工具。

附图说明

[0033] 图 1 是本发明测试仪的结构示意图。

[0034] 图 2 是实施例 2 中 PCT 测试结果图。

[0035] 图 3 是实施例 3 中 PCT 测试结果图。

具体实施方式

[0036] 实施例 1 一种高精度 PCT 测试仪

[0037] 如图 1 所示, 一种高精度 PCT 测试仪, 包括计算机 (1)、控制系统 (2)、4 个并联设置的测试通道、氢气瓶 (9)、氩气瓶 (11)、手动排气截止阀 (13)、自动排气阀 (14)、自动排气节流阀 (15)、真空计 (16)、真空泵 (17) 和环境温度测试装置 (27)。

[0038] 每个测试通道的结构是: 在主管道上设有样品室 (3)、储气罐 I (4)、储气罐 II (5) 和压力传感器 (26)。主管道的一端分别通过氢气进气调节阀 (7) 和氢气进气控制阀 (8) 与氢气瓶 (9) 连接, 通过氩气进气控制阀 (10) 与氩气瓶 (11) 连接; 主管道的另一端设有排气阀 (12), 排气阀 (12) 分别通过手动排气截止阀 (13) 或自动排气节流阀 (15) 和自动排气阀 (14) 与真空计 (16) 连接, 真空计 (16) 与真空泵 (17) 连接; 样品室 (3) 通过样品室控制阀 (18) 与主管道连接, 样品室防爆阀 (19) 安装在样品室控制阀 (18) 和样品室 (3) 之间, 样品室 (3) 外活动连接加热装置 (20), 温度控制仪 (21) 与加热装置 (20) 连接组成样品室加热系统; 储气罐 I (4) 通过储气罐 I 控制阀 (22) 与主管道连接; 储气罐 II (5) 通过储气罐 II 控制阀 (23) 与主管道连接; 压力传感器 (26) 与压力传感器仪表 (6) 连接组成压力测量系统, 通过压力传感器控制阀 (24)、压力传感器安全阀 (25) 与主管道连接; 测试仪上安装环境温度测试装置 (27)。

[0039] 实施例 2 一种 LaNi_5 型储氢合金材料的 PCT 测试方法

[0040] 储氢合金材料的组成为: $\text{La}_{0.811}\text{Ce}_{0.133}\text{Pr}_{0.015}\text{Nd}_{0.039}\text{Ni}_{4.231}\text{Co}_{0.435}\text{Mn}_{0.241}\text{Al}_{0.282}$

[0041] 本测试采用第一测试通道进行测试, 其基本参数为:

[0042] 样品室体积 $V_{S1} = 16.75\text{ml}$, 样品室至主管路的体积为 $V_{S0} = 14.256\text{ml}$;

[0043] 管路体积 $V_g = 49.859\text{ml}$,

[0044] 样品分子量 $F = 431.103$ 、重量 $W = 1.6001\text{g}$ 。

[0045] 1) 称取样品, 将样品装入样品室 (3), 启动真空泵 (17), 打开手动排气截止阀 (13)、排气阀 (12)、样品室控制阀 (18)、储气罐 I 控制阀 (22)、储气罐 II 控制阀 (23)、压力传感器控制阀 (24), 给系统抽真空, 真空度达到 0.08Pa , 关闭排气阀 (12);

[0046] 2) 清洗系统:打开氩气进气控制阀(10)给系统充入氩气,充气压力达到0.02MPa,关闭氩气进气控制阀(10),打开排气阀(12)给系统抽真空,真空度达到0.08Pa,关闭排气阀(12)。

[0047] 3) 样品活化:打开氢气瓶(9),压力调到3MPa,打开氢气进气调节阀(7),加热装置(20)加热,使样品室(3)温度升到200℃,打开氢气进气控制阀(8),充入氢气,充气压力3MPa,保温30分钟,加热装置(20)撤离样品室,将样品室(3)浸入冷水中冷却,对样品活化;

[0048] 4) 脱氢:重新安装加热装置(20),升温到200℃,打开排气阀(12),给系统抽真空30分钟,关闭手动排气截止阀(13),打开自动排气节流阀(15)和自动排气阀(14);

[0049] 5) 启动计算机;

[0050] 6) 温度控制仪(21)温度设定 $t_1 = 45^\circ\text{C}$,当样品室(3)温度 t_1 达到 45°C 后,关闭样品室控制阀(18)、储气罐I控制阀(22)、储气罐II控制阀(23)和排气阀(12),计算机采集系统压力 $P_0 = 7.0 \times 10^{-8} \text{MPa}$ 、环境温度 $t_{00} = 19.5^\circ\text{C}$ 、样品室温度 $t_{10} = 45^\circ\text{C}$;

[0051] 7) 第一次充氢:打开氢气进气控制阀(8),氢气压力达到第一次充氢设定值 $P_1' = 1.1 \text{MPa}$,氢气进气控制阀(8)自动关闭,系统内压力稳定后,计算机采集系统压力 $P_1 = 1.19556 \text{MPa}$ 、环境温度 $t_{01} = 19.5^\circ\text{C}$ 、样品室温度 $t_{11} = 45^\circ\text{C}$,此时系统内氢气量为 $n_1 = 0.02515 \text{mol}$

[0052]

$$n_1 = \frac{P_1 V_g k_1}{(t_{01} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{01}) P_1)} + \frac{P_0 V_{s0} k_1}{(t_{00} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{00}) P_0)} + \frac{P_0 V_{s1} k_1}{(t_{10} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{10}) P_0)}$$

[0053] 8) 第一次吸氢:打开样品室控制阀(18),样品开始吸氢,当样品吸氢后系统气压稳定时,关闭样品室控制阀(18),计算机采集系统压力 $P_2 = 0.45263 \text{MPa}$ 、环境温度 $t_{02} = 20^\circ\text{C}$,样品室温度 $t_{12} = 45^\circ\text{C}$ 、此时系统内氢气量为 $n_2 = 0.01514 \text{mol}$;

$$n_2 = \frac{P_2 (V_g + V_{s0}) k_1}{(t_{02} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{02}) P_2)} + \frac{P_2 V_{s1} k_1}{(t_{12} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{12}) P_2)}$$

[0055] 第一次样品吸氢气量 $\Delta n_1 = 0.02515 - 0.01514 = 0.01001 \text{mol}$,到第一次样品共吸氢气 $\Sigma \Delta n_1 = \Delta n_1 = 0.01001 \text{mol}$;

[0056] 9) 第二次充氢:打开氢气进气控制阀(8),氢气压力达到第二次充氢设定值 $P_3' = 1.2 \text{MPa}$,氢气进气控制阀(8)自动关闭,当系统内压力稳定后,计算机采集系统压力 $P_3 = 1.23590 \text{MPa}$ 、样品室温度 $t_{13} = 45^\circ\text{C}$ 、环境温度 $t_{03} = 20^\circ\text{C}$,此时系统内氢气量为 $n_3 = 0.031589 \text{mol}$;

$$n_3 = \frac{P_3 V_g k_1}{(t_{03} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{03}) P_3)} + \frac{P_2 V_{s1} k_1}{(t_{12} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{12}) P_2)}$$

[0058] 10) 第二次吸氢:打开样品室控制阀(18),样品开始吸氢,当样品吸氢后系统内氢气压力稳定时,关闭样品室控制阀(18),计算机采集系统压力 $P_4 = 0.92958 \text{MPa}$ 、样品室温度 $t_{14} = 45^\circ\text{C}$ 、环境温度 $t_{04} = 20^\circ\text{C}$,此时系统内氢气量为 $n_4 = 0.031089 \text{mol}$

$$[0059] \quad n_4 = \frac{P_4(V_g + V_{s_0})k_1}{(t_{04} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{04})P_4)} + \frac{P_4 V_{g1} k_1}{(t_{14} + 273.15)(1 + (k_2 + k_3 t_{14})P_4)}$$

[0060] 第二次样品吸氢气量 $\Delta n_2 = 0.031589 - 0.031089 = 0.0005$ (mol), 到第二次样品共吸氢气 $\Sigma \Delta n_2 = \Delta n_1 + \Delta n_2 = 0.01051$ (mol);

[0061] 11) 如此重复 7)-10) 步骤, 直到样品达到饱和吸氢量; 放氢过程和吸氢过程的计算方法相同;

[0062] 12) PCT 曲线绘制: 以氢原子与材料原子比 $H/M = \frac{\Sigma \Delta n_i * 2}{W/F}$ 为横坐标, 以每步吸氢平衡压力 LgP_i 为纵坐标做图, 即得 PCT 曲线。

[0063] 结果如图 2 所示, 从图 2 可见, 该高精度 PCT 测试仪测试 $LaNi_5$ 型储氢合金 PCT 特性曲线, 充分反映储氢合金吸放氢特性, 测试数据准确, 精度高, 曲线光滑, 符合 $LaNi_5$ 型储氢合金 PCT 曲线特性。可实现手动、自动测试, 为科研、生产提供了一种优良的检测仪器。

[0064] 实施例 3 一种 $AB_{3.5}$ 型储氢合金材料的 PCT 测试方法

[0065] A_2B_7 型储氢合金吸氢量大时, 启动储气罐 I (4)。

[0066] 储氢合金材料的组成为: $La_{0.727}Ce_{0.022}Nd_{0.003}Mg_{0.248}Ni_{3.200}Co_{0.004}Mn_{0.004}Al_{0.132}$

[0067] 本测试采用第二测试通道进行测试, 其基本参数为:

[0068] 样品室体积 $V_{S1} = 17.16$ ml, 样品室至主管路的体积为 $V_{S0} = 17.22$ ml;

[0069] 管路体积 $V_g = 41.58$ ml, 储气罐 I 体积 $V_{g1} = 150.01$, $V_{G1} = V_g + V_{g1} = 191.59$ ml

[0070] 样品分子量 $F = 302.387$ 、重量 $W = 3.0108$ g。

[0071] 测试方法同实施例 2, 此时管路总体积为 V_{G1} , $V_{G1} = V_g + V_{g1}$, 其中 V_{g1} 为储气罐 I (4) 的体积, 将所有步骤公式中的 V_g 变更为 V_{G1} 即可。

[0072] 测试温度 45°C 。测试结果见图 3。

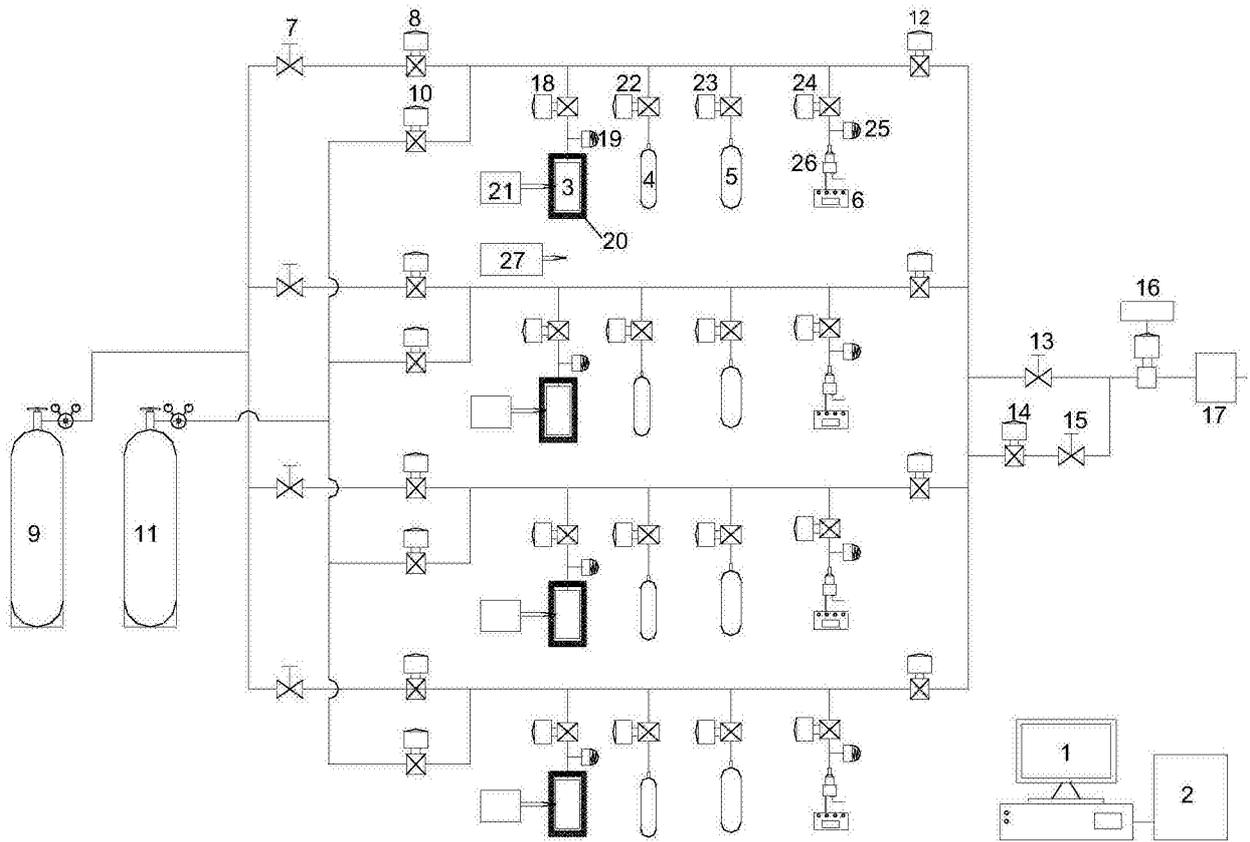


图 1

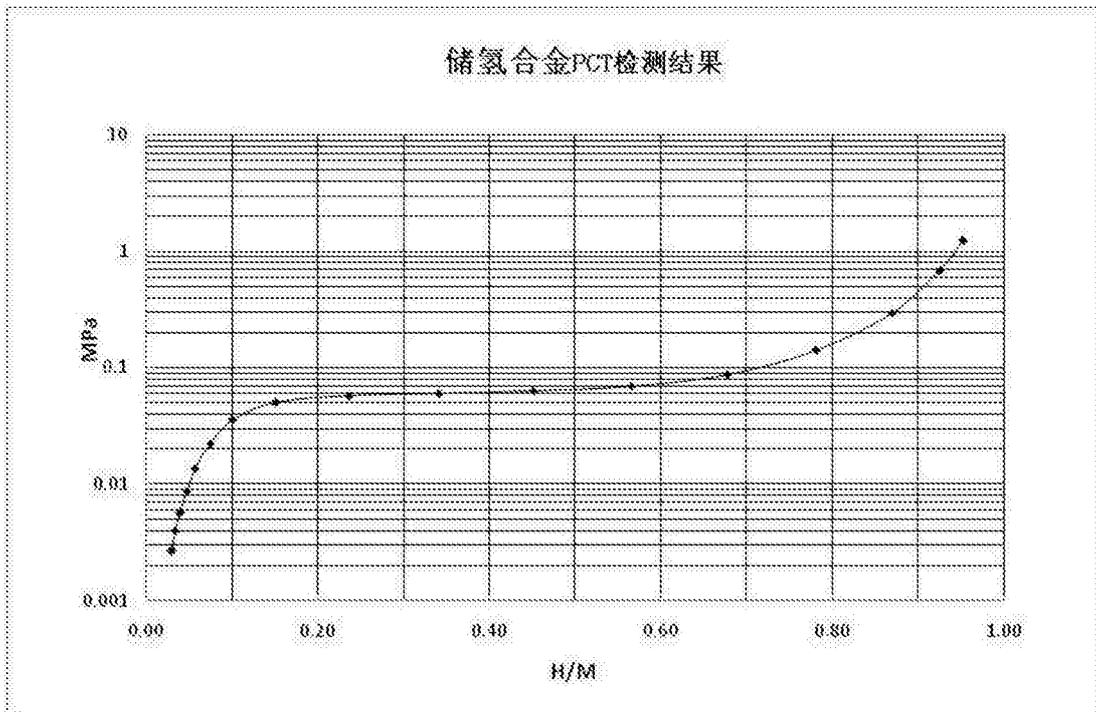


图 2

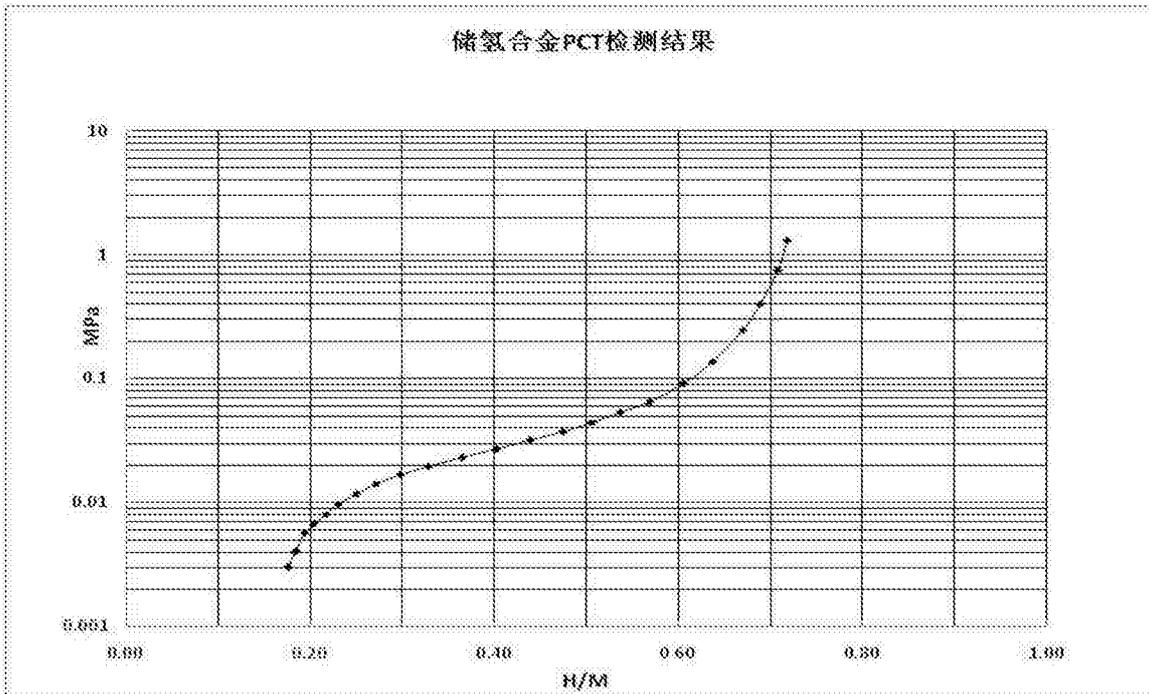


图 3