

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

C22C 19/03

H01M 4/38



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97114943.7

[43]公开日 1998 年 3 月 4 日

[11] 公开号 CN 1174894A

[22]申请日 97.5.9

[30]优先权

[32]96.5.9 [33]JP[31]114763 / 96

[32]96.11.26[33]JP[31]314521 / 96

[32]96.11.26[33]JP[31]314522 / 96

[71]申请人 三菱电机里亚尔株式会社

地址 日本东京都

[72]发明人 和田正弘

滝沢与司夫

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 罗才希

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图页数 1 页

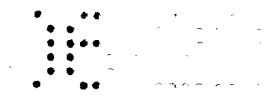
[54]发明名称 储氢合金

[57]摘要

提供了一种实际使用时能显示出高吸附和解吸速率以及良好初始活化性能的储氢合金一种 Ni-基储氢合金, 其组成(重量%)为: 32—38%的基本上由 La 和 / 或 Ce 组成的稀土元素, 0.5—3.5%的 Al, 0.5—10%的 Mn, 0.005—0.5%的氢, 0.1—17%的选择性成分 Co, 以及平衡量的 Ni 和不可避免的杂质; 其中所说的合金具有这样特点是显微组织, 即极细的稀土元素氢化物以 0.5—20 面积%的比例分散分布在具有 CaCu₅ 型晶体结构的基体中。

权 利 要 求 书

1. 一种Ni - 基储氢合金, 其组成 (重量%) 为:
32 - 38 % 的基本上由La 和/或Ce 组成的稀土元素,
0.5 - 3.5 % 的Al, 0.5 - 1.0 % 的Mn, 0.005 - 0.5 % 的氢,
0.1 - 1.7 % 的选择性成分Co, 以及平衡量的Ni和不可避免的杂质;
其中所说的合金具有这样特点的显微组织, 即极细的稀土元素氢化物以
0.5 - 2.0 面积% 的比例分散分布在具有CaCu₅ 型晶体结构的基体中。
2. 按照权利要求1 所述的Ni - 基储氢合金, 其中Co含量为0 。
3. 按照权利要求1 所述的Ni - 基储氢合金, 其中Co含量为0.1 - 1.7 %。
4. 按照权利要求1 所述的Ni - 基储氢合金, 其中稀土元素含量为32 - 35 %, 而且Co含量为0 。
5. 按照权利要求1 所述的Ni - 基储氢合金, 其中稀土元素含量为32 - 35 %, 而且Co含量为4 - 17 %。
6. 一种制备权利要求1 - 5 中任何一项权利要求所述的Ni - 基储氢合金的方法, 该方法包括:
 - (1) 真空下熔炼权利要求1 - 5 中任何一项权利要求中规定数量的Ni, La, Ce, Al, Mn 和Co 以及/或者相应量的铈合金, 将熔体浇铸在冷铸模中, 使铸锭保持在氢气氛中0 - 1000 °C之间的温度下, 加热铸锭并使之保持在600 - 950 °C之间的温度下, 进而使之冷却到不高于300 °C温度下; 或者
 - (2) 真空下熔炼权利要求1 - 5 中任何一项权利要求中规定数量的Ni, La, Ce, Al, Mn 和Co 以及/或者相应量的铈合金, 将熔体浇铸在冷铸模中, 在850 - 1050 °C之间的温度下对于所得到的铸锭进行回火 - 退火处理, 使所说的铸锭保持在氢气氛中0 - 1000 °C之间的温度下, 加热铸锭并使之保持在600 - 950 °C之间的温度下, 进而使之冷却不高于300 °C温度下。
7. 使用权利要求1 - 6 中任何一项权利要求所说的Ni - 基储氢合金制



造电池的电极。

说明书

储氢合金

本发明涉及一种显示极高氢吸附和解吸速率以及在例如电池电极上实际使用时具有优良初始活化特性的储氢合金。

迄今为止，人们提出了一系列吸氢合金，在1994年11月名古屋召开的“第35届日本电池研讨会”会议文摘369页上披露的信息表明，人们对于储氢合金的关注已经集中到电池电极上。

所说的储氢合金是一种镍基合金，这种合金具有下列简单的组成（重量%，以下使用“%”表示“重量%”）；

33.2%的基本上由La和/或Ce组成的稀土元素，

9.8%的Co，1.9%的Al，5.2%的Mn，和

平衡量的Ni和不可避免的杂质；以及

具有单相CaCu₅型晶体结构。

储氢合金通常是利用制备具有给定组成的合金熔体并将其浇铸成锭的方法制备的，实际使用这种合金作为电池电极时，例如在900至1050℃之间给定的温度下，于真空或非氧化性的惰性气体中，使合金锭经受一定时间期间的回火退火处理，必要时将原来的铸锭或经过回火-退火的合金锭机械粉碎成预定大小的粒度，或者在加压的氢气气氛下利用氢化法将其粉化，所说的氢化法包括在10-200℃之间给定温度下使氢吸附和利用抽真空的方法使氢解吸。

此外，要将所说的储氢合金用在例如电池的电极上，必须在加压氢气气氛下初始活化处理一段时间，直到含有所说储氢合金的电极在使用的初始阶段具有足够放电能力之后才可以实际使用这种电池。

另一方面，最近对于广泛使用储氢合金的电池和热泵提出了许多要求，例如更大的功率，更好的性能和节能。因此，人们要求储氢合金具有比过去传统的储氢合金更高的氢吸附和解吸速率和更短的初始活化时间。

【解决所说问题的手段】

3.2 - 3.5 % 的基本上由La和/或Ce组成的稀土元素,
0.5 - 3.5 % 的Al, 0.5 - 1.0 % 的Mn, 0.005 - 0.2 % 的氢,
以及

平衡量的Ni和不可避免的杂质;

其中所说的合金具有这样特点的显微组织, 即极细的稀土元素氢化物以
0.5 - 1.0 面积%的比例分散分布在具有CaCu₅型晶体结构的基体中。

4. 本发明是基于上述结果达成的, 其特征在于镍基储氢合金具有这样的组成, 其中含(重量%):

3.2 - 3.5 % 的基本上由La和/或Ce组成的稀土元素,
4 - 17 % 和Co, 0.5 - 3.5 % 的Al, 0.5 - 1.0 % 的Mn,
0.005 - 0.2 % 的氢, 以及

平衡量的Ni和不可避免的杂质;

其中所说的合金具有这样特点的显微组织, 即极细的稀土元素氢化物以
0.5 - 1.0 面积%的比例分散分布在具有CaCu₅型晶体结构的基体中。

以下说明本发明何以将该镍基储氢合金的组成和稀土元素氢化物的比例限制在上述范围内的理由。

(a) 基本上由La和Ce组成的稀土金属

这些稀土元素与Ni一起形成显示出储氢作用的CaCu₅型晶体结构的基体, 并且形成有助于提高氢的充放电速率和改善初始活化性能的稀土元素氢化物, 由于其含量低于3.2 % 或高于3.8 % 时放电容量降低, 所以将其含量确定为3.2 - 3.8 %, 优选3.2 - 3.5 %, 更优选为3.3 - 3.4 %。

(b) Co

Co成分溶解在基体中并具有减小氢的吸附/解吸期间体积膨胀/收缩的作用, 以及阻止所说的合金粉化和延长使用寿命的作用。Co含量低于0.1 % 时, 所需的这些作用不能达到; 其含量高于1.7 % 时, 放电容量和初始活化作用变低。因此, 其含量确定为0.1 - 1.7 %, 优选4 - 1.7 %, 最好为6 - 1.2 %。

(c) Al

Al成分溶解在基体中并改善合金的耐腐蚀性。其含量低于0.5 % 时, 所需的耐腐蚀性不能达到; 另一方面, 其含量超过3.5 % 时放电容量下降。所以将其含量定为0.5 - 3.5 %, 优选1 - 2 %。

(d) Mn

Mn成分溶解在基体中，减小离解氢时的平衡压力并使放电容量提高。其含量低于0.5%时，不能获得所需放电容量的提高，而其含量高于10%时，往往会减小放电容量。因此，将其含量规定为0.5 - 10%，优选1 - 4.5%。

(e) 氢和稀土元素氢化物

氢通过高温下的热氢化作用被大部分结合到稀土元素上形成稀土元素氢化物，这种氢化物有助于提高氢的吸附和解吸速率和改善初始活化性能。其含量低于0.005%时，稀土元素氢化物的比例低于0.5面积%，因此所需的效果不能达到；其含量高于0.5%时，形成稀土元素氢化物的比例超过20面积%，因而显著降低放电容量。所以将其含量定为0.005 - 0.5%，优选0.005 - 0.2%，更优选0.01 - 0.2%，最好为0.01 - 0.08%，以便使形成的充分分散在所说的基体中的稀土元素氢化物的比例达到0.5 - 20面积%，优选0.5 - 10面积%，更优选0.7 - 9面积%，最好为0.7 - 4面积%。

(f) 回火 - 退火 (850 - 1050 °C)

本发明的储氢合金按照需要浇铸后利用回火 - 退火处理。如果回火 - 退火温度高于850 °C，则所需合金的均匀化作用不能达到；另一方面，如果回火 - 退火温度高于1050 °C，则该合金的含量由于合金中元素（例如Mn）的挥发而逐渐变化。因此，回火 - 退火温度规定为850 - 1050 °C。

(g) 氢气温度 (0 - 100 °C)

本发明的储氢合金经过所说的浇铸或回火 - 退火之后，在氢气气氛中处理，对于所说的氢处理来说，虽然优选在室温下处理储氢合金，但是即使在0 °C下处理也能达到同样的效果。如果氢气温度高于100 °C，则该合金不能贮存足够的氢，以至于氢和该合金的反应不能达到均匀和/或一致。所以氢气温度被规定为0 - 100 °C，优选20 - 60 °C。

(h) 加热和保温 (600 - 950 °C)

进行所说的氢气处理之后，对本发明的储氢合金进行加热和保温，如果加热和保温温度低于600 °C，则形成稀土元素氢化物的反应不发生；另一方面，如果加热和保温温度超过950 °C，由于稀土元素氢化物的分解而使所需的显

微组织不能形成。因此，加热和保温温度被定为 $600-950^{\circ}\text{C}$ ，优选 $700-900^{\circ}\text{C}$ 。

以下参照一种实施方案进一步详细说明本发明的储氢合金。

在一台普通的高频感应熔炼炉中，真空下熔炼作为原料的Ni, La, Ce, Ca, Al和Mn以及铈合金 (mischmetal) (每种原料的纯度均不低于99.9%)，以便制备一种具有给定组成的镍基合金熔体，然后将其浇铸到水冷却的铜铸模中制成合金锭。在 $850-1050^{\circ}\text{C}$ 之间的预定温度下使所说的合金锭回火-退火10小时。在1-2 (优选1-1.2) 大气压范围内给定压力下的氢气气氛中将该合金锭在室温 (20°C) 下保温一小时，然后加热到 $600-950$ (优选 $700-900$) $^{\circ}\text{C}$ 范围内的预定温度下，在该预定温度下保温一小时，然后冷却到 300°C 或更低温度下，以便完成氢化加热处理。按照这种方式制备了本发明的储氢合金1-47 (以下称为本发明的合金)，每种合金的组成列于表1-4中，而且含有粒度不大于200目的粉末。

为了比较，在与本发明合金相同的条件下制备了一种具有表4所示组成的传统储氢合金 (以下记作“传统合金”)，但是省略了回火-退火之后的氢化处理，或者对该合金进行氢化粉化处理，这种处理涉及在一种压力容器中，于 200°C 加热温度，保温1小时和8大气压氢气压力等条件下的氢吸附处理，以及利用抽真空的氢气解吸处理，以便使该合金具有不大于200目粒度。

使用50000放大倍数的扫描电子显微镜，50000放大倍数的透射电子显微和粉末X-射线衍射仪观察了得到储氢合金的显微组织。本发明合金1-47具有这样一种组织。其中极细的稀土元素氢化物分散分布在 CaCu_5 型晶体结构的基体中。所观察到的稀土元素氢化物的比例 (面积%) 示于表1-4中。此外，X-射线衍射花样证实，所说的基体具有 CaCu_5 型晶体结构，而且分散分布在所说基体中的化合物包含稀土元素氢化物。而传统的合金具有一种单相的 CaCu_5 型晶体结构。

然后按照JIS H7202中规定的“储氢合金加氢速率的测量方法”，测量了本发明合金1-47中每种合金和传统合金的氢吸附速率和氢解吸速率，具体操作如下：

关于氢的吸附速率，用图1中示意图说明；

(a) 将合金粉封入一个浸没在油浴或水浴里的容器中，然后关闭阀Vb并

打开阀V a和V c, 同时在保持浴200 °C温度下将储氢钢瓶中的加压氢气通入所说的系统中。当系统内的压力达到30大气压时关闭阀V a, 然后静置到系统内压力降低到预定值为止 (即达到氢被所说的合金粉末吸附完全为止)。接着该合金粉末被初始活化;

(b) 当系统内压力降低到大约20大气压的预定值时打开阀V b, 然后利用真空泵将系统内压力降低到 10^{-2} 毛, 接着使浴温降低到20 °C, 并且关闭阀V b和V c, 打开阀V a将氢通入所说容器之外的系统中。当压力提高到30大气压时关闭阀V a并打开阀V c。测量这种状态下系统内压力相对于时间的压力降。由该压力降曲线得出粉末储氢量达到80 %这一点时的储氢量以及达到上述瞬间所需的时间, 以便利用方程: (储氢率达到80 %时的储氢量) / (储氢率达到80 %所需的时间) 进行计算, 这样得到的数值定义为氢的吸附速率。

氢解吸速率的测定程序如下: 浴温保持在适于氢解吸的处于100 - 300 °C之间的温度范围内, 例如120 °C温度下, 以及完成氢气吸附测量的状态下, 即阀V a和V b关闭以及阀V c打开的状态, 同时也是系统内压力达到大约20大气压预定值的状态下。然后, 打开阀V b并关闭阀V c, 将除容器之外的系统抽真空到 10^{-2} 毛, 关闭阀V b并打开V c。测量这种状态下系统内压力相对于时间的增大变化。由此压力提高曲线得到氢气从合金粉末解吸的量达到80 %时解吸的氢气体量以及达到上述瞬间所需的时间, 以便利用方程: (解吸率达到80 %时的氢气体解吸量) / (解吸率达到80 %所需的时间) 进行计算, 这样得到的数值定义为氢的解吸速率。试验结果示于表5 和6 中。

为了评价本发明合金1 - 47 和传统合金的初始活化性能, 用每种试验合金作为电池负极的活性材料, 并且使该电池经受重复充电和放电循环, 直至该电池显示出最大放电容量时 (详述如下) 为止。将放电容量相当于最大放电容量的97 %时的充放电循环数作为所说的初始活化性能。

向每种本发明的合金1 - 47 和传统合金粉中添加氧化亚铜 (Cu_2O) 导电剂, 聚四氟乙烯 (PTFE) 粘合剂和羧甲基纤维素 (CMC) 增稠剂, 将制成的糊状物置于市售的孔隙率达95 %的泡沫镍板上。将这种泡沫镍板干燥、加压后成形为具有0.40 - 0.43 mm厚、30 mm × 40 mm的剪切板。活性材料的负载量约为1.8 g。将作为导线的镍薄板焊在所说剪切板的



一侧制成负极。另一方面，正极则按以下方法制备：将 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 活性成分、一氧化钴(CoO)导电剂、聚四氟乙烯(PTFE)粘合剂和羧甲基纤维素(CMC)增稠剂制成糊状物，将此糊状物涂于泡沫镍板上，加压后将其成形为 $0.71-0.73\text{ mm}$ 厚、 $30\text{ mm}\times 40\text{ mm}$ 的剪切板，并将镍薄板焊在所说剪切板的一侧接。着将此正电极置于所说的负电极的两侧，正负电极之间置有由丙烯/乙烯共聚物制成的隔膜，而且在正电极的两侧设有与之成为整体的聚氯乙烯保护板，以便防止所说的活性材料从正电极的外部泄漏。将此整体电极插入聚氯乙烯电池壳中并且向其中注入 $28\% \text{ KOH}$ 电解质水溶液，从而制成电池。

使所得到的电池经受充电/放电循环处理，处理条件为：充电速率 0.25 C ，放电速率 0.25 C ，而且充电的变化量相当于负极容量的 135% 。这种充电/放电循环处理一直进行到电池显示最大放电容量时为止，此时将一个充放电循环记作一次充放电。

表5和6示出的是上述操作得到的最大放电容量，以及作为评定初始活化性能的充放电循环数，此时放电容量为最大放电容量的 97% 。

【优点】

表1-6示出的结果清楚地说明本发明的合金1-47的每一种都具有与传统合金相似的放电容量，和一种显微组织，这种显微组织是极细的稀土元素氢化物分散分布在具有 CaCu_5 型晶体结构的基体中；由于所说稀土元素氢化物的影响，其氢的吸附和解吸速率极高，而且初始活化性能也得到显著改善，与之相比，具有单相 CaCu_5 型晶体结构的传统合金由于不存在稀土元素氢化物而表现出相当低的氢气吸附和解吸速率，并且其初始活化性能也滞后。

如上所述，由于本发明的储氢合金在实际使用中显示出极高的氢气吸附和解吸速率以及良好的初始化性能，所以它十分有利于在使用所说的储氢合金的各种机械设备中获得高功率、高性能和节能效果。

附图1是显示测量储氢合金的氢吸附和解吸速率时使用设备的一种示意图。

[表1]

种类		组成(重量%)									稀土 元素 氢化 物(面 积%)
		稀土元素				C o	A l	M n	氢	Ni+ 杂质	
		L a	C e	P r	N d						
本 发 明 的 合 金	1	27.6	0.90	1.31	2.24	6.85	0.53	3.73	0.005	余量	0.52
	2	28.6	0.93	1.36	2.32	6.88	1.26	3.85	0.056	余量	2.89
	3	29.8	0.97	1.42	2.42	6.91	1.30	3.77	0.189	余量	8.09
	4	28.6	0.93	1.36	2.32	4.14	1.36	3.84	0.050	余量	2.66
	5	28.4	0.83	1.46	2.59	8.36	1.20	3.80	0.062	余量	3.11
	6	28.5	0.90	1.40	2.43	11.23	1.34	3.85	0.056	余量	2.87
	7	28.5	0.93	1.36	2.32	14.22	1.19	3.79	0.048	余量	2.58
	8	28.3	0.83	1.46	2.58	16.98	1.15	3.76	0.058	余量	2.96
	9	28.4	0.89	1.39	2.42	6.91	0.51	3.77	0.076	余量	3.67
	10	28.8	0.94	1.37	2.34	6.87	2.13	3.85	0.042	余量	2.35

[表2]

种类		组成 (重量%)									稀土元素氢化物(面积%)
		稀土元素				C o	A l	M n	氢	Ni+杂质	
		L a	C e	P r	N d						
本发明的合金	11	28.5	0.84	1.47	2.61	6.89	3.48	3.53	0.008	余量	0.92
	12	28.7	0.90	1.40	2.44	6.93	1.21	0.52	0.085	余量	4.03
	13	28.7	0.93	1.36	2.33	6.92	1.35	1.95	0.065	余量	3.25
	14	28.4	0.83	1.46	2.60	6.85	1.33	6.14	0.060	余量	3.05
	15	28.3	0.89	1.39	2.41	6.86	1.19	7.90	0.030	余量	1.86
	16	28.4	0.92	1.35	2.31	6.91	1.16	9.97	0.027	余量	1.77
	17	28.6	0.93	1.36	2.32	9.73	1.85	5.30	0.030	余量	1.87
	18	23.4	6.88	0.63	2.50	6.93	1.17	3.84	0.073	余量	3.57
	19	17.9	9.34	1.84	4.31	6.93	1.31	3.87	0.060	余量	3.07
	20	10.0	16.1	1.47	5.81	6.88	1.20	3.83	0.058	余量	2.98
	21	7.9	20.9	1.77	7.17	0.12	1.18	3.79	0.441	余量	17.94
	22	7.3	19.3	1.64	6.63	1.80	1.25	3.82	0.198	余量	8.42

[表3]

种类		组成(重量%)									稀土元素氢化物(面积%)
		稀土元素				C o	A l	M n	氢	Ni+杂质	
		L a	C e	P r	N d						
本发明的合金	23	27.4	1.12	1.28	2.28	-	0.54	3.69	0.005	余量	0.53
	24	28.7	0.93	1.37	2.33	-	1.31	3.79	0.068	余量	3.34
	25	29.7	0.97	1.41	2.41	-	1.28	3.81	0.178	余量	7.65
	26	30.7	1.26	1.44	2.55	-	1.29	3.77	0.309	余量	12.82
	27	32.4	1.33	1.52	2.69	-	1.24	3.64	0.466	余量	18.91
	28	28.3	0.89	1.39	2.41	-	0.52	3.78	0.064	余量	3.19
	29	28.7	0.93	1.37	2.32	-	2.34	3.67	0.030	余量	1.86
	30	29.5	0.86	1.52	2.70	-	3.46	3.41	0.107	余量	4.90
	31	28.8	0.90	1.41	2.45	-	1.18	0.51	0.095	余量	4.42
	32	28.5	0.93	1.36	2.32	-	1.30	2.15	0.049	余量	2.61

[表4]

种类		组成 (重量%)									稀土元素 氧化物(面积%)
		稀土元素				C o	A l	M n	氢	Ni+ 杂质	
		L a	C e	P r	N d						
本发明的合金	33	27.1	1.57	1.90	2.81	-	1.32	5.86	0.065	余量	3.26
	34	28.7	1.17	1.34	2.38	-	1.25	8.11	0.081	余量	3.86
	35	29.6	0.96	1.41	2.41	-	1.10	9.98	0.160	余量	6.96
	36	17.2	10.12	2.24	3.92	-	1.25	3.66	0.074	余量	3.61
	37	7.7	19.92	2.57	4.52	-	1.39	3.70	0.185	余量	7.93
传统的合金		28.6	0.93	1.36	2.33	9.75	1.91	5.19	-	余量	-
0℃,1大气压	38	28.6	0.93	1.36	2.32	6.88	1.26	3.85	0.058	余量	2.83
0℃, 1.2大气压	39	28.7	0.93	1.36	2.33	6.89	1.26	3.84	0.056	余量	2.85
0℃, 2大气压	40	28.7	0.93	1.35	2.33	6.90	1.26	3.84	0.056	余量	2.84
20℃室温,2大气压	41	28.6	0.93	1.36	2.33	6.87	1.26	3.83	0.055	余量	2.89
60℃, 1 大气压	42	28.6	0.93	1.36	2.32	6.88	1.27	3.84	0.059	余量	2.88
60℃, 1.2大气压	43	28.6	0.93	1.35	2.32	6.87	1.27	3.84	0.056	余量	2.88
60℃,2 大气压	44	28.7	0.93	1.36	2.32	6.87	1.25	3.85	0.055	余量	2.92
100℃, 1 大气压	45	28.8	0.92	1.36	2.31	6.88	1.25	3.85	0.056	余量	2.91
100℃, 1.2大气压	46	28.7	0.93	1.36	2.32	6.88	1.25	3.84	0.057	余量	2.89
100℃, 2 大气压	47	28.6	0.93	1.36	2.32	6.88	1.25	3.83	0.055	余量	2.86

[表5]

种类		氢吸附 速率 (wt%/sec.)	氢解吸 速率 (wt%/sec.)	最大放 电容量 (mAh/g)	充放电 循环 (数)
本 发 明 的 合 金	1	0.28	0.25	357	5
	2	0.31	0.27	362	3
	3	0.33	0.30	355	2
	4	0.28	0.26	366	2
	5	0.30	0.27	361	3
	6	0.29	0.27	358	4
	7	0.29	0.26	353	5
	8	0.30	0.27	349	5
	9	0.31	0.27	366	2
	10	0.30	0.26	360	3
	11	0.28	0.25	351	4
	12	0.29	0.27	354	4
	13	0.30	0.27	358	3
	14	0.30	0.27	362	2
	15	0.29	0.26	361	2
	16	0.30	0.26	357	2
	17	0.29	0.26	349	3
	18	0.29	0.27	359	3
	19	0.30	0.27	356	3
	20	0.30	0.27	353	4
	21	0.35	0.37	351	2
	22	0.33	0.30	359	2

[表6]

种类		氢吸附 速率 (wt%/sec.)	氢解吸 速率 (wt%/sec.)	最大放 电容量 (mAh/g)	充放电 循环 (数)
本发明的合金	23	0.25	0.23	361	4
	24	0.28	0.25	365	3
	25	0.32	0.28	359	2
	26	0.33	0.31	357	2
	27	0.36	0.35	355	2
	28	0.29	0.25	367	2
	29	0.27	0.24	362	3
	30	0.29	0.26	355	3
	31	0.29	0.26	357	3
	32	0.28	0.24	362	3
	33	0.29	0.25	365	2
	34	0.27	0.25	363	2
	35	0.30	0.27	360	2
	36	0.29	0.25	355	3
	37	0.31	0.28	353	3
传统的合金		0.18	0.16	345	11
	38	0.32	0.30	364	3
	39	0.32	0.30	362	3
	40	0.31	0.27	363	3
	41	0.31	0.28	364	3
	42	0.31	0.27	364	3
	43	0.31	0.27	360	3
	44	0.32	0.29	361	3
	45	0.31	0.29	362	3
	46	0.31	0.28	361	3
	47	0.31	0.27	361	3

说明书附图

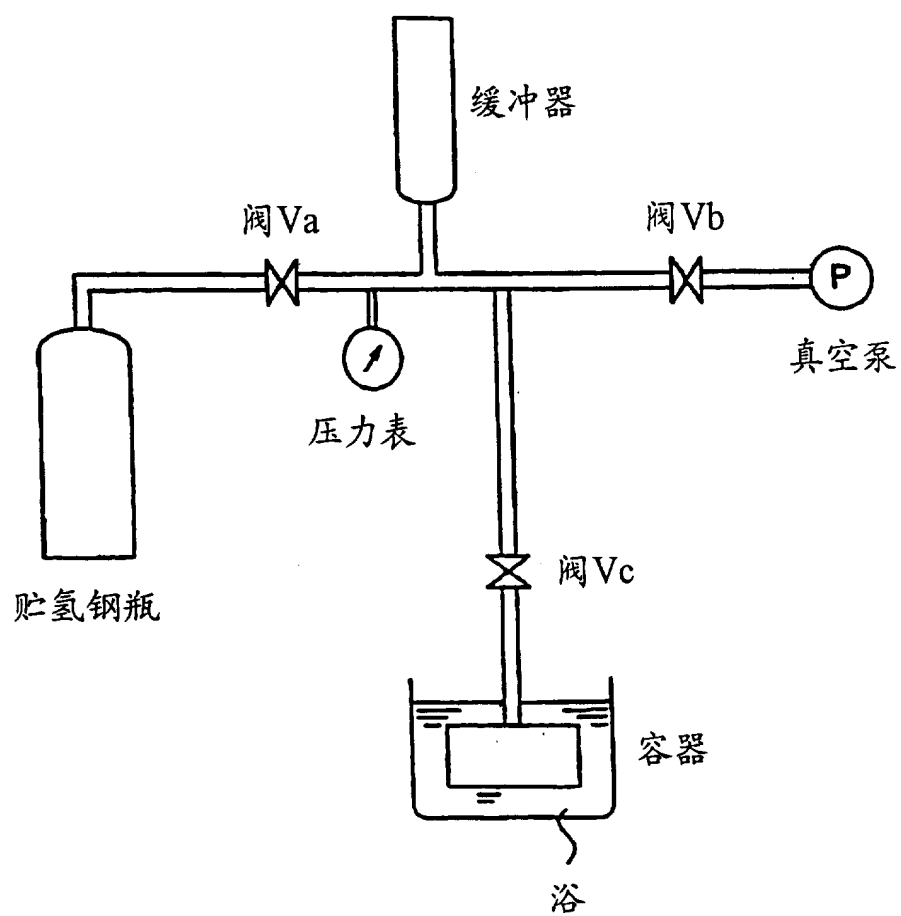


图 1