



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110914541 A

(43)申请公布日 2020.03.24

(21)申请号 201880034054.6

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

(22)申请日 2018.06.29

公司 11227

(30)优先权数据

102017000073563 2017.06.30 IT

代理人 谭天 苏虹

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

F03G 7/06(2006.01)

2019.11.22

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2018/054853 2018.06.29

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/003198 EN 2019.01.03

(71)申请人 工程吸气公司

地址 意大利米兰

(72)发明人 马尔科·奇特罗

达维德·弗里杰里奥

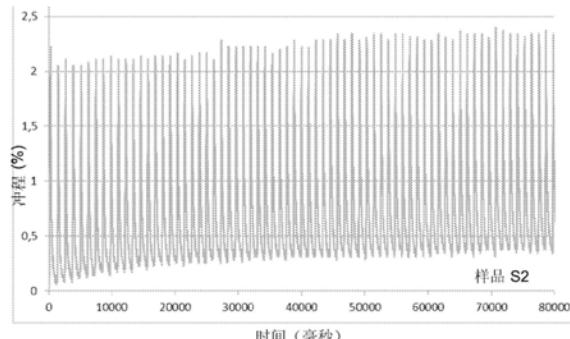
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

包括形状记忆合金丝和具有相变材料颗粒的涂层的致动器组合件

(57)摘要

包括由形状记忆合金丝制成的芯和以给定的相变材料(PCM)颗粒与所述形状记忆合金丝之间的重量比包含所述颗粒分布的涂层的致动器组合件,以及结合有一个或更多个所述致动器组合件的主动式布。



1. 一种致动器组合件，包括由形状记忆合金丝制成的芯和由施加或形成在所述芯的至少一部分上的电绝缘材料制成的涂层，其中所述涂层包含相变材料(PCM)颗粒的分布，其特征在于，分散在所述涂层中的相变材料颗粒的重量与所述形状记忆合金丝的其上施加有或形成有所述涂层的部分的重量之间的比例为1至30。
2. 根据权利要求1所述的致动器组合件，其中所述涂层施加或形成在所述形状记忆合金丝的长度的至少80%上。
3. 根据权利要求1或2所述的致动器组合件，其中所述形状记忆合金丝的直径为0.1mm至0.8mm。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的致动器组合件，其中所述涂层的厚度为0.1mm至3mm。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的致动器组合件，其中经涂覆的形状记忆合金丝的宽度与单独形状记忆合金丝的宽度之间的比例为2至5。
6. 根据前述权利要求中任一项所述的致动器组合件，其中所述相变材料颗粒的平均尺寸为0.01mm至0.1mm。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的致动器组合件，其中所述形状记忆合金丝由基于Ni-Ti的合金制成。
8. 根据前述权利要求中任一项所述的致动器组合件，其中所述涂层的材料选自塑料和热塑性聚合物材料、热固性聚合物材料、树脂和有机硅。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的致动器组合件，其中所述相变材料颗粒由蜡、脂肪酸、酯、盐、水合物、有机化合物或无机化合物制成。
10. 根据权利要求9所述的致动器组合件，其中所述相变材料颗粒被封装在熔化温度高于所述PCM材料颗粒的熔化温度的非PCM材料的壳中。
11. 根据权利要求9或10所述的致动器组合件，其中所述蜡为石蜡。
12. 一种主动式系统，包括一个或更多个根据权利要求1至11中任一项所述的致动器组合件。
13. 根据权利要求12所述的主动式系统，其中所述一个或更多个致动器组合件被插入到所述系统中以提供激活模式。
14. 根据权利要求12所述的主动式系统，其中致动器组合件的数量为每单位长度的所述主动式系统2个至100个。
15. 根据权利要求12所述的主动式系统，其中所述致动器组合件的SMA丝的总截面为0.007mm²至0.5mm²。
16. 根据权利要求12至15中任一项所述的主动式系统，其中所述主动式系统为主动式织物。

包括形状记忆合金丝和具有相变材料颗粒的涂层的致动器组 合件

- [0001] 本发明涉及形状记忆合金(shape memory alloy,SMA)丝的热管理的改进。
- [0002] 由于形状记忆合金丝与诸如微型电机的技术上等效的方案相比的简单性、易于与许多装置一体化和降低的成本,因此形状记忆合金丝作为致动器和致动系统的部件的用途受到越来越多重视。
- [0003] 采用形状记忆合金丝的致动器组合件和致动系统在本领域中是已知的。例如申请人名下的国际专利申请WO 2016/156283涉及具有紧急致动器的锁。申请人名下的欧洲专利第2615951号描述了用于安装在多饮料自动售货机中的阀的致动系统。申请人名下的欧洲专利2171183描述了具有加宽的工作温度范围的致动器。国际专利申请WO 2015/150377描述了家用电器中的致动元件。
- [0004] 以上提到的专利公开仅是许多其他实例中的一些实例,其教导了如何成功地利用形状记忆合金丝的特征,并且更特别是它们一旦通过由于其从马氏体显微组织到奥氏体显微组织的相变引起的焦耳效应而被加热,就施加力的能力。在以上实例中,形状记忆合金丝布置成直的构造,并且由于丝的线性缩短而施加力。存在其他实例和应用,例如美国专利9068561中描述的实例和应用,其设想布置形状记忆合金丝使得它们被螺旋缠绕的可能性。
- [0005] 另一申请设想使用根据特定图案设置的复数根SMA丝以结合到布或织物中,如涉及身体按摩器的国际专利申请WO 2016/153917或教导使用SMA丝作为控制和调节船帆的手段的欧洲专利2782824中所公开的。
- [0006] 频繁被致动的基于形状记忆合金丝的致动系统需要丝的热管理。实际上,在每个致动循环时都产生热,并且必须适当地管理余热以便维持SMA丝致动器或致动系统随时间的工作。美国专利9068561教导了如何通过依靠作为热导体的电绝缘涂层来管理余热。美国专利6835083描述了具有能够在每个致动循环之后改善冷却的封装护套的形状记忆合金丝。
- [0007] 还已知通过相变材料(Phase Changing Material,PCM)进行采用SMA丝的致动器的热管理,所述相变材料的特征是当经历诸如固体到液体的相变化时吸收和释放大量热的能力。美国专利8739525公开了可以如何应用这些材料的实例。PCM珠可以例如分散在作为涂层施加在SMA丝上的导热聚合物基体中。
- [0008] 虽然可得到采用SMA丝的致动器和致动系统的许多实例,但是就SMA丝的热管理而言,仍需要找到改进的方案,这是本发明的目的。
- [0009] 在本发明的第一方面中,本发明在于具有由形状记忆合金丝制成的芯和施加在所述形状记忆合金丝的至少一部分上且包含相变材料(PCM)颗粒的涂层的致动器元件,其特征在于,分散或分布在涂层中的相变材料颗粒的重量与形状记忆合金丝的其上施加有或形成有涂层的部分的重量之间的比例为1至30。
- [0010] 重量比是指致动器元件的SMA丝的经涂覆的部分,因为其一端或两端可以是未经涂覆的,以便允许其连接至使SMA丝能够工作的电流源。
- [0011] 根据本发明的一个优选实施方案,形状记忆合金丝的长度的至少80%被包含PCM

颗粒的涂层覆盖。

[0012] 将借助于附图进一步说明本发明，其中：

[0013] • 图1A是根据现有技术的致动器系统的照片，其中未经涂覆的形状记忆合金丝被嵌入到织物中；

[0014] • 图1B是根据现有技术的致动器系统的照片，其中具有不含PCM颗粒的涂层的形状记忆合金丝被嵌入到织物中；

[0015] • 图1C是根据本发明的致动器系统的照片，其中形状记忆合金丝具有含有PCM颗粒分散体的涂层；

[0016] • 图2至7分别是根据现有技术和根据本发明的SMA丝致动器组合件的样品的实验表征图，所述图示意性地示出了当使组合件经受随后的激活循环时，相应SMA丝的冲程如何随时间变化。

[0017] 相变材料(PCM)是具有高熔化潜热的物质，其能够通过例如在一定温度下熔融和凝固而吸收和释放大量的热。当材料经受相变例如从固体到液体或从液体到气体时，吸收或释放热，反之亦然。PCM材料被分类为潜热储存(LHS)单元。

[0018] PCM颗粒的存在是改善SMA丝致动器组合件的热管理的已知方法。本发明人已经观察到，通过采用分散在施加于形状记忆合金丝的至少一部分上的涂层中的PCM颗粒，使得在通过中断电流供应使SMA丝致动器组合件被去激活(de-activated)时能够实现其更快速的冷却。当SMA丝致动器组合件通过供应电流再次被激活时，这导致形状记忆合金丝的更快的响应，因为已经吸收了残余的激活热。

[0019] 根据本发明，分散在施加于形状记忆合金丝的涂层中的PCM颗粒的重量与形状记忆合金丝的其上施加有或形成有涂层的部分的重量之间的比例为1至30。

[0020] 根据本发明的一个实施方案，形状记忆合金丝的直径为0.1mm至0.8mm，并且它们的相应涂层的厚度为0.1mm至3mm。在这点上，重要的是要强调，由于形状记忆合金丝是真实物体，因此可能偏离圆形截面，因此术语直径旨在是最小包围圆的直径。

[0021] 具有较大直径的形状记忆合金丝具有较厚的涂层。更特别地，经涂覆的形状记忆合金丝的直径与单独形状记忆合金丝的直径之间的宽度比为2至5。

[0022] 根据本发明的一个实施方案，PCM颗粒的尺寸为0.01mm至0.1mm。当PCM颗粒为大致球形时，术语“尺寸”是指其直径，而在具有不规则形状的PCM颗粒的情况下，术语“尺寸”是指其最大尺寸。

[0023] 可以使用各种材料来制成施加或形成在本发明的致动器组合件的形状记忆合金丝上的涂层。优选的材料是塑料和热塑性聚合物材料、热固性聚合物材料、树脂和有机硅。

[0024] 优选的PCM材料选自蜡(优选石蜡)、脂肪酸、酯、盐、水合物、有机化合物和无机化合物。

[0025] 根据本发明的一个实施方案，PCM颗粒被封装在由熔化温度高于PCM材料的熔化温度的非PCM材料制成的壳中。壳用作外壳(housing)以防止相变之后PCM材料的损失。由于这个特征，可以避免依赖致密且不可渗透的涂层来防止PCM材料错位和损失。

[0026] 壳重量是PCM颗粒重量的一小部分，通常为5%至50%。

[0027] 本发明不限于任何特定的形状记忆合金材料，然而优选基于Ni-Ti的合金，例如公知的商品名为镍钛诺(Nitinol)的合金，其基本特性描述于美国专利4830262中。也可以采

用SAES Smart Materials名下的美国专利8152941和8430981中描述的更新并改进的形状记忆合金。

[0028] 特别地,术语基于Ni-Ti的形状记忆合金涵盖了具有优势含量的镍和钛(至少60原子百分比,原子%)的形状记忆合金,因为另外的元素可能赋予不同的特性,例如在例如美国专利4565589中描述的Ni-Ti-Cu合金的情况下较低的迟滞(hysteresis),如在例如美国专利5114504中描述的Ni-Ti-Hf合金的情况下较高的转变温度。

[0029] 根据本发明的致动器组合件可以有利地在采用嵌入织物或布中并且彼此平行布置的复数根经涂覆形状记忆合金丝的主动式系统中使用,其中由于大量的丝(其通常为每单位宽度2根至100根),热管理是最关键的。

[0030] 根据本发明的一个实施方案,将单根经涂覆的SMA丝嵌入缝制成特定图案(例如,具有弯曲末端的平行线性部分)的织物或布中。形状记忆合金丝的总截面可以为例如 0.007mm^2 至 0.5mm^2 。

[0031] 术语“织物”或“布”必须以其最大含义来解释,即,通过织造或编织纺织纤维而生产的网状物。

[0032] 要强调的是,本发明不限于用于在SMA丝上形成或施加涂层的特定技术。涂层可以例如在结合到主动式系统中之前形成在每根单丝上,或者在结合到主动式系统中之后在稍后阶段施加。

[0033] 将借助于以下非限制性实施例进一步说明本发明。

[0034] 实施例1-样品结构

[0035] 制备了四个不同的样品。所有样品具有由尼龙棉编织布构成的相同的基本结构,所述尼龙棉编织布结合有9根由镍钛诺制成的直径为 0.15mm 且长度为 100mm 的SMA丝。九根SMA丝彼此平行布置。

[0036] 图1A示出了结合有未经涂覆的SMA丝的比较样品C1。图1B中示出了比较样品C2及其照片,所述比较样品C2结合了具有300微米厚的由聚氨酯制成而没有PCM颗粒分散体的涂层的形状记忆合金丝。比较样品C3(图中未示出)结合了具有300微米厚的包含量为 4mg/cm^2 的PCM颗粒分散体的由聚氨酯制成的涂层的形状记忆合金丝。颗粒由石蜡制成,并且包含聚合物壳(90重量%石蜡,10重量%壳)。分散在涂层中的PCM颗粒的重量与形状记忆合金丝的其上施加有或形成有涂层的部分的重量之间的比例为0.7,因此低于以上限定的范围的下限。

[0037] 根据本发明制成的样品S1结合有具有300微米厚的包含量为 40mg/cm^2 的PCM颗粒的分散体的由聚氨酯制成的涂层的形状记忆合金丝。颗粒由与比较样品C3中使用的相同的PCM材料制成,但是分散在涂层中的PCM颗粒的重量与形状记忆合金丝的其上施加有或形成有涂层的部分的重量之间的比例为7,因此落入以上限定的范围内。样品S1示于图1C中。

[0038] 通过在填充有PCM材料的内径为 12mm 的圆筒形容器的中心处放置SMA丝来制备比较样品C4。在使用较高的PCM量的情况下,这种情况代表本发明以外的情况。

[0039] 在比较样品C3和C4以及样品S1和S2中,PCM颗粒的量以面积(cm^2)上的重量(毫克)表示,这意味着涂层具有均匀的表面分布,并且密度通过考虑涂层的厚度(例如对于测试样品(C2、C3、C4、S1、S2)的所有经涂覆的丝均设定为300微米)来确定。

[0040] 下表1总结了不同样品的特征。

[0041]	样品编号	涂层材料	涂层厚度 (μm)	PCM颗粒/SMA丝的经涂覆部分的重量比
C1	无	-	-	-
C2	聚氨酯	300	0	
C3	聚氨酯	300	0.7	
C4	PCM	5850	50	
S1	聚氨酯	300	7	
S2	聚氨酯	300	16	

[0042] 表1:样品特征

[0043] 实施例2:样品表征

[0044] 通过以1Hz的频率供应8安培的电流来使样品经受随后的激活循环。

[0045] 图2、3、4、5、6和7分别示出了比较样品C1、C2、C3、C4、S1和S2中冲程如何随时间变化。

[0046] 如在图2中可以看出,表示为SMA丝长度的百分比的冲程随时间逐渐减小。这是由于在每个致动循环之后由SMA丝中的余热引起的残余应变。冲程减小对于前40次激活循环具有基本上线性的趋势,导致约30%的残余应变。相反,样品S1显示出可忽略的冲程减小,而其涂层包含重量比低于以上限定的范围的下限的PCM颗粒分散体的样品C3允许实现对于约30次激活循环残余应变仅在10%至15%以下的限制。

[0047] 令人惊讶的是,具有较高PCM材料量的比较样品C4在所有测试样品中具有最差的行为,因为“涂层”材料(PCM原样)的形态或孔隙率阻碍整个“涂层”中的有效热扩散,从而导致差得多的性能。样品C4尽管使用PCM材料“原样”制成,但是其代表在使用过量PCM时将发生的情况。

[0048] 重要的是观察到涂层中PCM颗粒的存在影响热吸收并因此改变致动曲线中的冲程(stroke)的趋势,而不是考虑残余应变的绝对值。在样品C1和C2中,即使在比较样品C2中存在涂层允许实现较低的冲程减小,致动曲线的形状也基本上相同。实际上,残余应变在每个激活循环之后增加,并最终在热传递中达到一种动态平衡(稳定期)。动态平衡取决于周围温度、样品的几何形状和材料(即制成SMA丝的材料)的传热系数、涂层材料和环境空气。当由SMA丝产生的热相当于涂层与环境空气之间的界面处所散发的热时,建立了动态平衡。

[0049] 即使在涂层中提供PCM颗粒允许实现比比较样品C2和C1更低的冲程减小,在比较样品C3中也可以观察到相似的行为。不同地,在样品S1和S2中,由于提供具有相对于各个SMA丝的经涂覆部分的重量落入以上限定范围内的量的PCM颗粒的分散体的涂层,因此可以观察到两个不同的平衡稳定期(equilibrium plateau)。特别是对于样品S1,第一个(在前30次激活循环中)与分散在涂层中的PCM颗粒的蓄热有关,所述PCM颗粒吸收由SMA丝产生的部分热能,由此防止涂层自身温度升高。一旦PCM颗粒的蓄热能力饱和,涂层温度就升高,并且致动器组合件达到第二个平衡稳定期。对于样品S2,本发明的优点甚至更加明显,其中在测试持续时间内仅可观察到第一平衡稳定期。

[0050] 在下表2中进一步证明该技术效果,其示出了分别实现0.3%和0.6%的未恢复应变所必需的激活循环数。

[0051]	样品编号	至0.3%残余应变的循环	至0.6%残余应变的循环
	C1	3	6

C2	7	15
C3	19	38
C4	1	2
S1	27	48
S2	45	全部

[0052] 表2:冲程减小

[0053] 从表2可以观察到,样品S1允许保持其激活特征(27/48次循环),即对于几乎50次激活循环具有0.6%以内的未恢复应变,以及对于多于25次激活循环(0.3%以内的未恢复应变)的高补偿特征,导致相对于以下样品的显著改善:相对于未经涂覆的丝(比较样品C1,3/6次激活循环),以及相对于不具有PCM颗粒的经涂覆的丝(比较样品C2,7/15次激活循环)、具有以较低浓度分散的PCM颗粒的经涂覆的丝(比较样品C3,19/38次激活循环),以及具有更高PCM量的经涂覆的丝如比较样品C4(1/2)。通过观察在约0.3%的未恢复应变的情况下具有约45次循环且对于实验持续时间没有低于0.6%的点的样品S2,本发明的优点甚至更加明显。

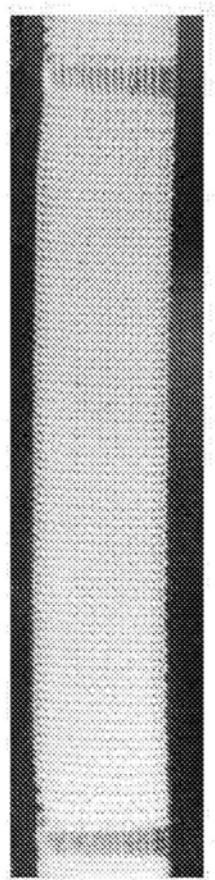


图1A

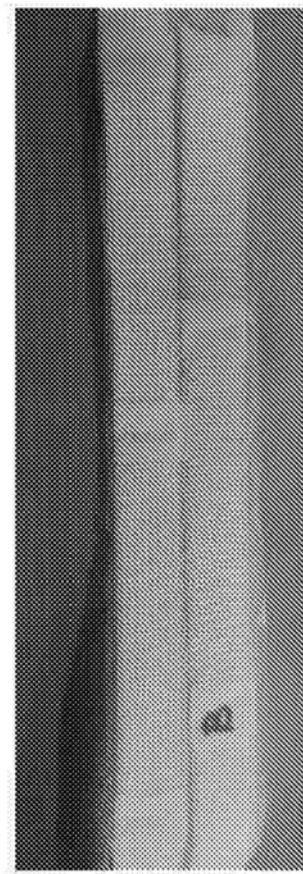


图1B

现有技术

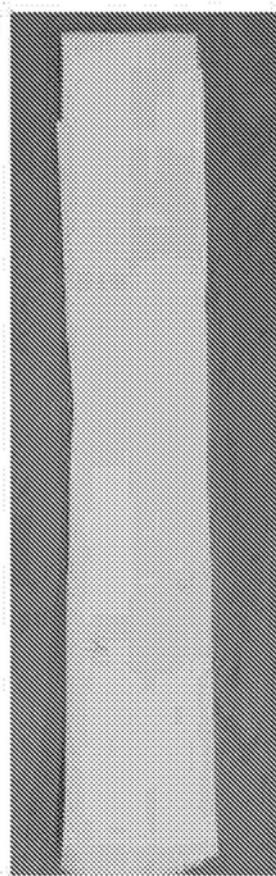


图1C

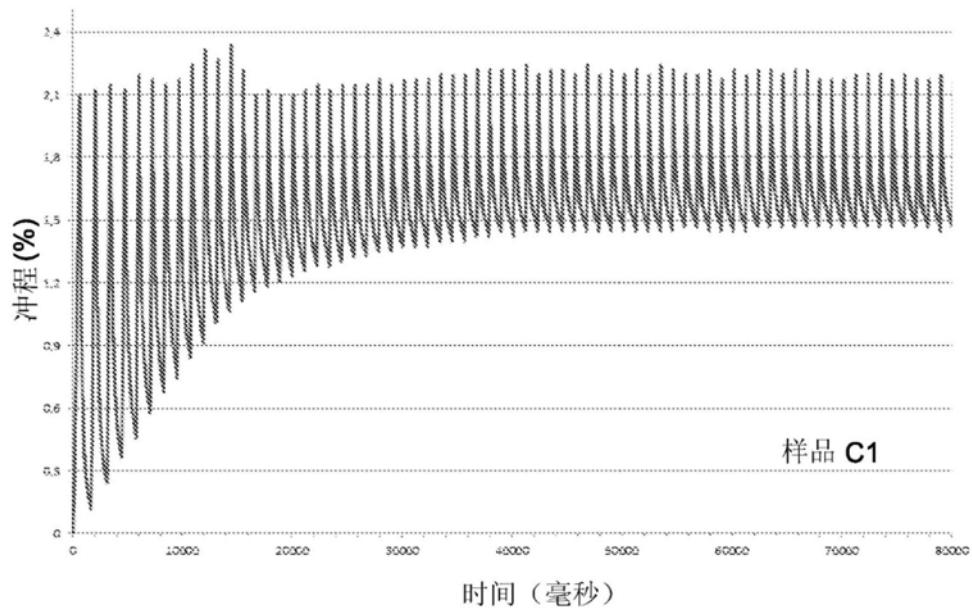


图2

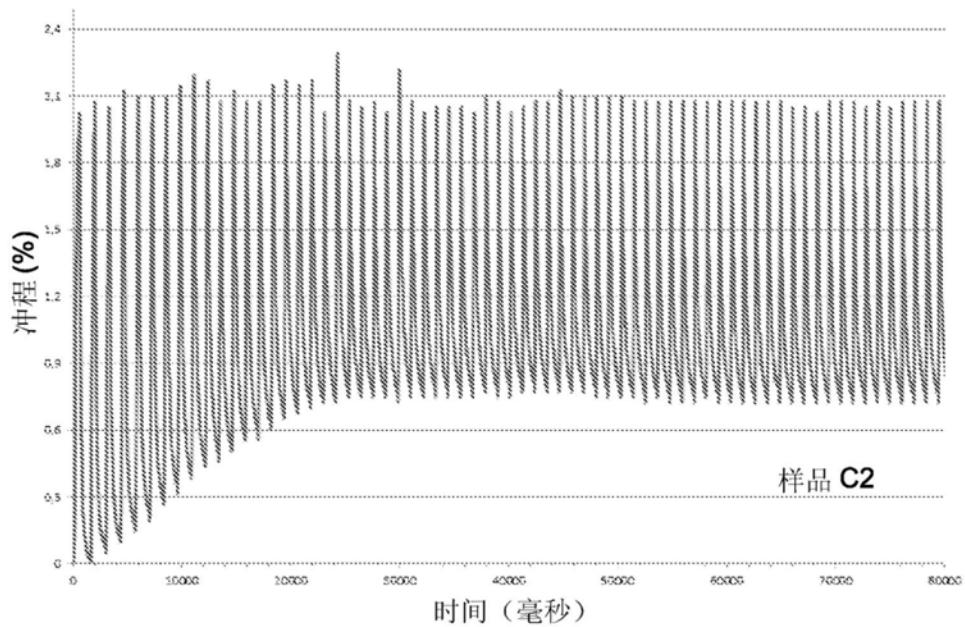


图3

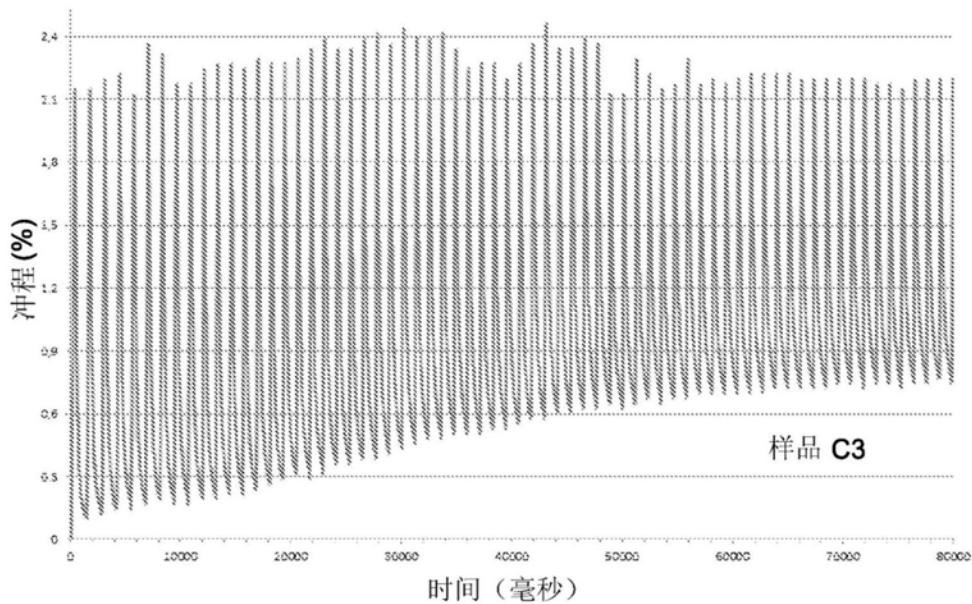


图4

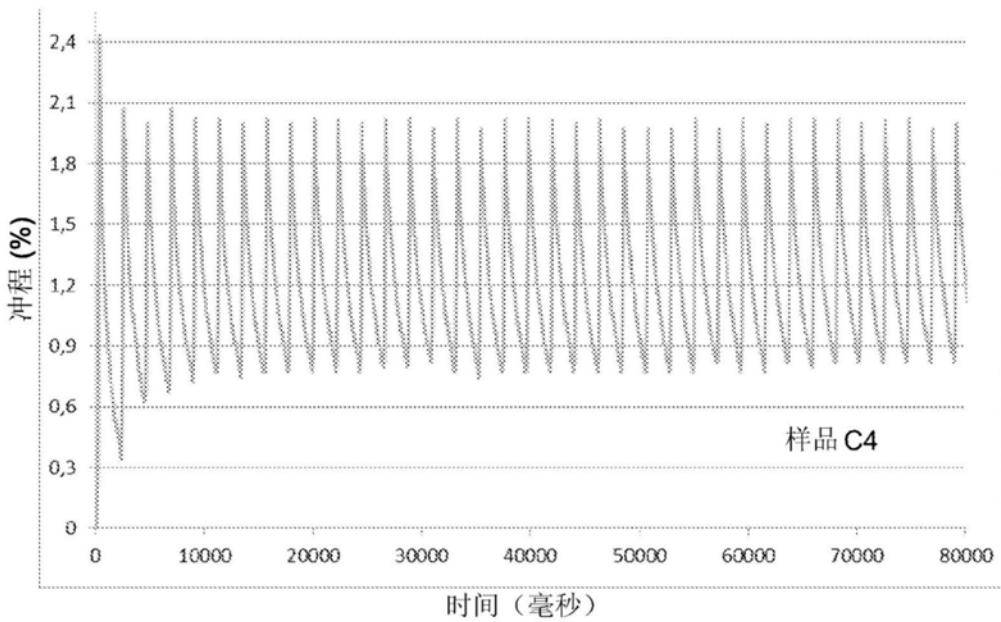


图5

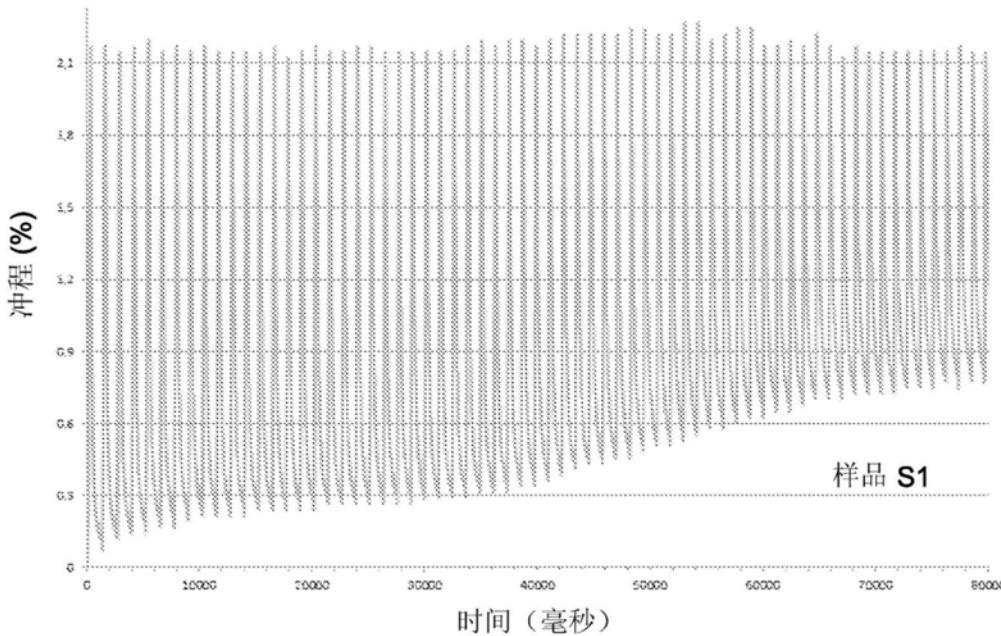


图6

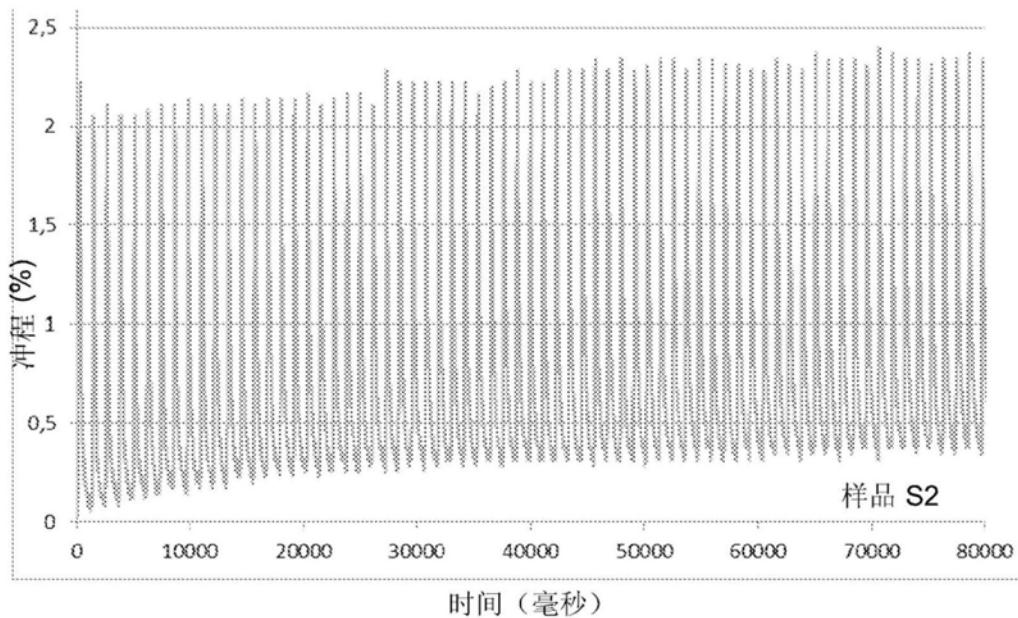


图7