(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113396497 B
(45)授权公告日 2025.04.11

(21)申请号 202080012795.1
(22)申请日 2020.02.07
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113396497 A
(43)申请公布日 2021.09.14
(30)优先权数据
FR1901268 2019.02.08 FR
FR1904014 2019.04.15 FR
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.08.05
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2020/053209 2020.02.07
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/161339 FR 2020.08.13
(73)专利权人 布鲁解决方案公司
地址 法国埃尔盖加贝里克
(72)发明人 马克·德尚 文森特·博德内兹
(74)专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事务所(普通合伙) 11413
专利代理师 郜凤珠 程强
(51)Int.Cl.
H01M 4/38(2006.01)
H01M 10/054(2006.01)
H01M 10/0565(2006.01)
C22B 1/00(2006.01)
C22B 7/00(2006.01)
C22B 26/12(2006.01)
H01M 6/52(2006.01)
H01M 10/052(2006.01)
(56)对比文件
KR 101883100 B1,2018.07.27
审查员 费良浩

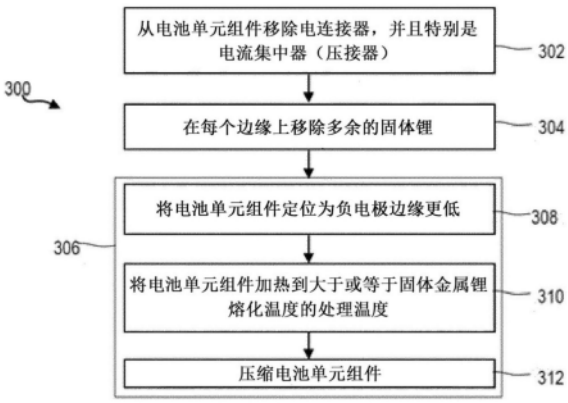
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

用于从包括固体金属锂的电池中提取锂的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于从包括固体金属锂的电池(诸如锂-金属-聚合物电池)的至少一个电池单元的组件中提取锂的方法(300),所述方法(300)包括提取阶段(306),所述提取阶段包括以下步骤:-将所述组件定位(308)在这样的取向上,在该取向上,所述组件的第一边缘位于与所述第一边缘相对的所述组件的第二边缘的下方,从该第一边缘延伸出一个或多个负电极,从第二边缘延伸出一个或多个正电极;以及-将所述组件加热(310)到大于或等于所述固体金属锂熔化温度的处理温度。本发明还涉及实现这种方法的设备。



CN 113396497 B

1.一种用于从包括固体金属锂的电池的至少一个电池单元(100)的组件(200)中提取锂的方法,所述方法包括提取阶段,所述提取阶段包括以下步骤:

-将所述组件(200)定位在这样的取向上,在该取向上,所述组件(200)的第一边缘(110)位于所述组件(200)的与所述第一边缘(110)相对的第二边缘(112)的下方,从所述第一边缘延伸出一个或更多个负电极(102),从所述第二边缘延伸出一个或更多个正电极(104);以及

-将所述组件加热到大于或等于所述固体金属锂的熔化温度的温度,

所述温度被称为处理温度。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,定位的步骤执行对电池单元的组件(200)的竖直定位,其中所述第一边缘(110)位于下方。

3.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,加热电池单元的组件(200)的步骤是在惰性气体下执行的。

4.根据权利要求1或2中任一项所述的方法,其特征在于,加热电池单元的组件(200)的步骤是在真空下执行的。

5.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,其还包括在提取阶段之前,对电池单元的组件(200)进行充电的步骤,所述提取阶段被应用于充电后的组件(200)。

6.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述提取阶段还包括压缩电池单元的组件(200)的步骤。

7.根据权利要求6所述的方法,其特征在于,压缩的步骤通过从第二边缘(112)到第一边缘(110)扫过组件(200)的表面来对组件(200)的表面施加压缩。

8.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,其包括在提取阶段之前,从至少一个电池单元(100)移除至少一个电连接器的步骤。

9.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述电池是锂-金属-聚合物电池。

用于从包括固体金属锂的电池中提取锂的方法

[0001] 本发明涉及一种用于从包括固体金属锂的电池中提取锂的方法。

[0002] 本发明的领域是基于固体金属锂的电池领域,并且特别是锂-金属-聚合物电池领域,并且更特别是这些电池的回收领域。

背景技术

[0003] 基于固体金属锂的电池,例如锂-金属-聚合物(LMP®)电池,是已知的。这些电池越来越多地用于例如电动车辆或充电站。因此,LMP®电池的数量多年来一直在不断增加。

[0004] LMP®电池的使用寿命不是无限的,并且看起来有必要回收这些电池。现在,即使在使用寿命结束时,LMP®电池仍然包含固体金属锂,该固体金属锂能够在其他电池或其他领域重复使用并且其价值不可小觑。

[0005] 然而,目前没有技术使得可以令人满意地从电池中回收固体金属锂。

[0006] 本发明的目的是克服该缺点。

[0007] 本发明的另一目的是提出一种用于从至少一个电能存储单元的组件中回收固体金属锂的方法。

[0008] 本发明的另一目的是提出一种用于以简单的方式从至少一个电能存储单元的组件中回收固体金属锂的方法。

[0009] 本发明的另一目的是提出一种用于以高效的方式从至少一个电能存储单元的组件中回收固体金属锂,同时限制并管理回收期间潜在短路影响的方法。

发明内容

[0010] 本发明提出的第一解决方案

[0011] 根据第一解决方案,本发明使得可以通过一种用于从包含固体金属锂的电池(诸如锂-金属-聚合物电池)中的至少一个电池单元的组件中提取锂的方法来实现这些目的中的至少一个,所述方法包括提取阶段,该提取阶段包括以下步骤:

[0012] -将所述组件定位在这样的取向上,在该取向上,所述组件的第一边缘位于与所述第一边缘相对的所述组件的第二边缘的下方,从该第一边缘延伸出一个或更多个负电极,从该第二边缘延伸出一个或更多个正电极。

[0013] -将所述组件加热到大于或等于所述固体金属锂的熔化温度的温度,该温度被称为处理温度。

[0014] 根据本发明的方法提出通过单个地或一起地处理构成所述电池的电池单元来从包括固体锂的电池中回收锂。

[0015] 此外,根据本发明的方法提出通过将所述电池单元的组件加热到大于固态金属锂熔化温度的处理温度,来从其中锂为液态的至少一个电池单元的组件中回收金属锂,优选为固体金属锂。一旦金属锂熔化,金属锂就会在重力的作用下全部或部分地从每个电池单

元中自然排出。

[0016] 因此,根据本发明的方法允许固体金属锂的简单且不是非常复杂的回收。

[0017] 此外,根据本发明的方法针对每种电池单元提出了特定的取向,每个电池单元具有最小的倾角,以使得负电极从其延伸的第一边缘位于与第一边缘相对的、正电极从其延伸的第二边缘的水平的下方。每个电池单元的这种取向使得可以一方面促进熔融锂通过重力流出电池单元,并且另一方面避免熔融锂与正电极或正电极的集电器之间的接触,这样的接触能够引起电短路或电弧,这样的短路能够引起火灾。

[0018] 在本申请中,“电能存储电池单元”是指至少包括以下的组件:

[0019] -由固体金属锂层形成或者包括固体金属锂层的负电极;

[0020] -正电极,

[0021] -固体电解质,其特别是包括锂盐,其布置在正电极与负电极之间,以及

[0022] -正电极一侧上的集电器。

[0023] 在本申请中,“固体金属锂”能够包括:

[0024] -纯金属锂;或者

[0025] -至少一种金属锂合金的组合;或者

[0026] -纯金属锂和至少一种金属锂合金的组合。

[0027] 当“固体金属锂”包括具有不同熔化温度的不同形式的锂(诸如上述那些)的组合时,则加热步骤将电池单元的组件加热到大于或等于以下温度的处理温度:

[0028] -所述不同熔化温度中的最低温度;以及

[0029] -优选地,所述不同熔化温度中的最高温度。

[0030] 根据一个非限制性实施例示例,处理温度大于或等于180.5℃。

[0031] 根据一个实施例示例,处理温度小于或等于最高温度,例如300℃。

[0032] 该组件能够包括单个或仅一个电池单元。

[0033] 该组件能够包括在组装方向上组装或特别是堆叠的多个电池单元。组件方向能够垂直于由每个电池单元形成的平面。

[0034] 特别地,该组件能够对应于其中电池单元串联连接的电池。

[0035] 根据一个优选实施例,定位步骤能够进行电池单元组件的竖直定位,其中第一边缘向下定位。

[0036] 因此,改进了流出每个电池单元的熔融锂的重力流动。

[0037] 此外,熔融锂与一个或多个正电极之间接触的风险降低或为零。

[0038] 优选地,加热电池单元组件的步骤能够在惰性气体下进行。

[0039] 因此,根据本发明的方法降低了事故风险,特别是火灾风险。

[0040] 此外,根据本发明的方法使得可以避免在锂提取期间由不希望的或不受控制的物理化学反应所生成的污染化合物的形成。

[0041] 根据一个非限制性示例,惰性气体能够是或者包括以下气体中的任一种:氦气(He)、氖气(Ne)、氩气(Ar)、氪气(Kr)、氙气(Xe)和氡气(Rn)。

[0042] 根据另一实施例,加热电池单元组件的步骤能够在真空下进行。

[0043] 根据特别有利的特征,根据本发明的方法还能够包括在提取阶段之前对电池单元组件充电的步骤,所述提取阶段被应用于所述充电后的组件。

[0044] 对一个或多个电池单元充电以及对充电后的电池单元进行提取阶段的事实使得可以提高锂提取产率。事实上,电池单元的充电使得可以使锂离子朝向负电极移位,这允许了增加锂的可回收量。

[0045] 每个电池单元能够单个地充电,或者通过对电池单元组件进行充电来充电。

[0046] 根据一个特别有利的实施例,提取阶段还能够包括压缩电池单元组件的步骤。

[0047] 因此,熔融锂被迫从每个电池单元中排出,这增加了回收的锂的量。

[0048] 压缩步骤能够在整个提取阶段内连续地进行。在这种情况下,在提取阶段的整个持续时间内,每个电池单元都经受部分或全部地压缩。

[0049] 可替代地,压缩步骤能够在提取阶段期间单独地进行一次或多次。在这种情况下,提取阶段包含电池单元组件未经受压缩的时刻。

[0050] 有利地,压缩步骤能够通过从第二边缘到第一边缘扫过电池单元组件的表面来对所述组件的表面施加压缩。因此,熔融锂被逐步传送/引导向一个或多个负电极从其延伸的第一边缘,这增加了回收的锂的量并降低了锂与一个或多个正电极之间接触的风险。

[0051] 例如,压缩步骤能够通过使电池单元组件在两个辊之间穿过来进行。

[0052] 根据另一示例,压缩步骤能够通过压缩辊将电池单元组件压靠到轴承表面来进行。

[0053] 压缩能够通过连续穿过来施加,每次穿过都从第二边缘开始到第一边缘扫过电池单元组件的表面。

[0054] 压缩辊之间的间隙,或者压缩辊与轴承表面之间的间隙,能够对应于电池单元组件的厚度减去一个或多个固体金属锂层的厚度。这使得在固体锂仍保留在电池单元组件中的情况下可以施加压缩。

[0055] 两个压缩辊之间或压缩辊与轴承表面之间的间隙能够随着连续的穿过而减小,以便仍然对电池单元组件施加压缩。

[0056] 压缩辊之间的穿过速度,或者一个压缩辊的速度,并且更一般地扫过速度,能够为每秒几毫米至几十毫米。

[0057] 此外,根据本发明的方法能够包括在提取阶段之前从至少一个电池单元移除至少一个电连接器(也称为“压接连接器”)的步骤。

[0058] 这使得可以促进电池单元组件的处理。

[0059] 此外,根据本发明的方法能够包括,在提取阶段之前,在电池单元组件的至少一个边缘,并且特别是每个边缘的水平处移除多余材料的步骤。

[0060] 根据本发明的另一方面,提出了一种用于从包括固体金属锂的电池(诸如锂-金属-聚合物电池)的至少一个电池单元的组件中提取锂的设备,所述设备包括:

[0061] -装置,其用于将所述组件定位在这样的取向上,在该取向上,所述组件的第一边缘位于与所述第一边缘相对的所述组件的第二边缘下方,从该第一边缘延伸出一个或更多个负电极,从该第二边缘延伸出一个或更多个正电极;以及

[0062] -加热装置,其被配置为用于将所述组件加热到大于或等于所述固体金属锂熔化温度的处理温度。

[0063] 通常,该设备包括被配置为实现上述特征中至少一个的任意组合的装置,为了简洁起见,这里不对其进行详细描述。

[0064] 特别地,加热装置能够包括烘箱。

[0065] 有利地,烘箱能够充满惰性气体,或者置于真空下。

[0066] 根据本发明的设备还能够包括用于压缩电池单元组件的装置。

[0067] 压缩装置能够包括至少一个辊。

[0068] 特别地,压缩装置能够包括将电池单元组件压靠到轴承表面的单个辊。能够加热轴承表面以加速电池单元组件的温度升高。

[0069] 可替代地,压缩装置能够包括电池单元组件在它们之间穿过的两个辊。

[0070] 通常,压缩装置能够被配置为在整个提取阶段内施加连续压缩。

[0071] 可替代地,压缩装置能够被配置为在提取阶段期间随时间不连续地施加一次或多次压缩。在这种情况下,提取阶段包含电池单元组件未经受压缩的时刻。

[0072] 有利地,压缩步骤能够被配置为以恒定或可变值、从第二边缘到第一边缘逐步地或者通过扫过电池单元组件的表面来施加压缩。因此,熔融锂被逐步传送/引导向位于低位置的第一边缘,这增加了回收的锂的量并降低了锂与一个或多个正电极之间接触的风险。

[0073] 在使用一个或两个压缩辊的情况下,则能够通过连续的穿过来将压缩施加到电池单元组件。每次穿过都通过从第二边缘到第一边缘扫过电池单元组件的表面来施加压缩。在每次穿过结束时,能够通过撤回辊或通过从轴承表面撤回辊来停止压缩,以返回到第二边缘以便开始新的穿过。

[0074] 辊之间的距离,或者压缩辊与轴承表面之间的距离,能够随着连续的穿过,特别是在两个连续的穿过之间而减小。

[0075] 能够实现根据本发明的方法来处理多个电池单元组件,特别是多个电池单元组件形成电池包并且在所述电池包内并联连接在一起。

[0076] 至少两个电池单元组件能够并排对齐,而例如在平行于第一边缘的方向上不重叠。

[0077] 在这种情况下,能够通过一个且相同的压缩装置,即一组辊,或与轴承表面配合的一个辊,来将压缩施加到至少两个电池单元组件。

[0078] 本发明提出的第二解决方案

[0079] 根据第二解决方案,本发明使得可以通过一种用于从包含固体金属锂的电池(诸如锂-金属-聚合物电池)中的至少一个电池单元的组件中提取锂的方法来实现这些目的中的至少一个,所述方法包括提取阶段,该提取阶段包括以下步骤:

[0080] -将所述组件定位在这样的取向上,在该取向上,所述组件的第一边缘位于与所述第一边缘相对的所述组件的第二边缘的上方,从该第一边缘延伸出一个或更多个负电极,从该第二边缘延伸出一个或更多个正电极。

[0081] -将电池单元组件浸入比液体锂密度更大且电绝缘的液体中的步骤;以及

[0082] -将所述组件加热到大于或等于所述固体金属锂的熔化温度的温度,该温度被称为处理温度。

[0083] 根据本发明的方法提出通过单个地或一起地处理构成所述电池的电池单元来从包括锂的电池中回收锂。

[0084] 此外,根据本发明的方法提出通过将所述电池单元的组件加热到大于固态金属锂熔化温度的处理温度,来从其中锂成为液态的至少一个电池单元的组件中回收金属锂。一

旦熔融,金属锂就会在密度差的影响下从每个电池单元中自然排出。因此,根据本发明的方法允许固体金属锂的简单且不是非常复杂的回收。

[0085] 此外,根据本发明的方法针对每种电池单元提出了特定的取向,每个电池单元具有最小的倾角,以使得负电极从其延伸的第一边缘位于与第一边缘相对的、正电极从其延伸的第二边缘的水平的上方。每个电池单元的这种取向使得可以一方面促进熔融锂通过密度差流出电池单元,并且另一方面避免熔融锂与正电极或正电极的集电器之间的接触,这样的接触能够引起电短路,这样的短路能够引起火灾。此外,将电池单元组件浸入液体中使得可以改进热量从电池单元的耗散,特别是在短路期间,并且因此明显限制其影响。

[0086] 在本申请中,“电能存储电池单元”是指至少包括以下的组件:

[0087] -由固体金属锂层形成或者包含固体金属锂层的负电极;

[0088] -正电极,

[0089] -固体电解质,其特别是包括锂盐,其布置在正电极与负电极之间,以及

[0090] -正电极一侧上的集电器。

[0091] 在本申请中,“密度”是指所讨论的液体的质量密度与水的质量密度之间的比率。

[0092] 在本申请中,“固体金属锂”能够包括:

[0093] -纯金属锂;或者

[0094] -至少一种金属锂合金的组合;或者

[0095] -纯金属锂和至少一种金属锂合金的组合。

[0096] 当“固体金属锂”包括具有不同熔化温度的不同形式的锂(诸如上述那些)的组合时,则加热步骤将电池单元的组件加热到大于或等于以下温度的处理温度:

[0097] -所述不同熔化温度中的最低温度;或者优选地,所述不同熔化温度中的最低温度,或者

[0098] -不同温度的组合,例如,或经过从第一边缘延伸到第二边缘的温度梯度。

[0099] 根据一个非限制性实施例示例,在使用纯金属锂的情况下,处理温度大于或等于180.5℃。

[0100] 根据一个实施例示例,处理温度小于或等于最高温度,例如300℃。

[0101] 该组件能够包括单个或仅一个电池单元。

[0102] 该组件能够包括在组装方向上组装或特别是堆叠的多个电池单元。组件方向能够垂直于由每个电池单元形成的平面。

[0103] 特别地,该组件能够对应于其中电池单元串联连接的电池。

[0104] 根据一个优选实施例,定位步骤能够进行电池单元组件的竖直定位,其中第一边缘向上定位。

[0105] 因此,改进了通过密度差的流出每个电池单元的熔融锂的流动。

[0106] 此外,熔融锂与一个或多个正电极之间接触的风险降低或为零。

[0107] 优选地,浸入步骤通过将电池单元组件完全浸入在液体中来进行。

[0108] 因此,根据本发明的方法降低了事故风险,特别是火灾风险。此外,根据本发明的方法使得可以避免在提取锂期间由不希望的或不受控制的物理化学反应所生成的污染化合物的形成,特别是通过控制处理温度和液体的密度以使得仅能够提取锂或锂合金。

[0109] 根据一个特别有利的特征,根据本发明的方法还能够包括在提取阶段之前对电池

单元组件充电的步骤,所述提取阶段被应用于所述充电后的组件。

[0110] 对一个或多个电池单元充电以及对充电后的电池单元进行提取阶段的事实使得可以提高锂提取产率。事实上,电池单元的充电使得可以使锂离子朝向负电极移位,这允许了增加锂的可回收量。

[0111] 每个电池单元能够单个地充电,或者通过对电池单元组件进行充电来充电。

[0112] 根据一个特别有利的实施例,提取阶段还能够包括压缩电池单元组件的步骤。

[0113] 因此,熔融锂被迫从每个电池单元中排出,这增加了回收的锂的量且改善了过程的动力学。

[0114] 压缩步骤能够在整个提取阶段内连续地进行。在这种情况下,在提取阶段的整个持续时间内,每个电池单元都经受部分或全部地压缩。

[0115] 可替代地,压缩步骤能够在提取阶段期间单独地进行一次或多次。在这种情况下,提取阶段包含电池单元组件未经受压缩的时刻。

[0116] 有利地,压缩步骤能够通过从第二边缘到第一边缘扫过电池单元组件的表面来对电池单元组件的表面施加压缩。因此,熔融锂被逐步传送/引导向一个或多个负电极从其延伸的第一边缘,这增加了回收的锂的量并降低了锂或锂合金与一个或多个正电极之间接触的风险。

[0117] 例如,压缩步骤能够通过使电池单元组件在两个辊之间穿过来进行。

[0118] 根据另一示例,压缩步骤能够通过压缩辊将电池单元组件压靠到轴承表面来进行。

[0119] 压缩步骤能够通过连续穿过来施加,每次穿过都从第二边缘开始到第一边缘扫过电池单元组件的表面。

[0120] 压缩辊之间的间隙,或者压缩辊与轴承表面之间的间隙,能够对应于电池单元组件的厚度减去一个或多个固体金属锂层的厚度。这使得在固体锂仍保留在电池单元组件中的情况下可以施加压缩。

[0121] 两个压缩辊之间或压缩辊与轴承表面(也称为压板)之间的间隙能够随着连续的穿过而减小,以便仍然对电池单元组件施加压缩。

[0122] 压缩辊之间的穿过速度,或与压板配合的压缩辊的速度,并且更一般地扫过速度,能够为每秒几毫米至几十毫米。

[0123] 此外,根据本发明的方法能够包括在提取阶段之前从电池单元移除至少一个电连接器(也称为“压接连接器”)的步骤。

[0124] 这使得可以促进电池单元组件的处理。

[0125] 此外,根据本发明的方法能够包括,在提取阶段之前,在电池单元组件的至少一个边缘,并且特别是每个边缘的水平处移除多余材料的步骤。

[0126] 根据相同发明的另一方面,提出了一种用于从包括固体金属锂的至少一个电池单元(诸如锂-金属-聚合物电池)的组件中提取锂的设备,所述设备包括:

[0127] -装置,其用于将所述组件定位在这样的取向上,在该取向上,所述组件的第一边缘位于与所述第一边缘相对的所述组件的第二边缘的上方,从该第一边缘延伸出一个或更多个负电极,从该第二边缘延伸出一个或更多个正电极;

[0128] -烘箱,其填充有比液体锂密度更大且电绝缘的液体;以及

[0129] -加热装置,其被配置为用于将所述组件加热到大于或等于所述固体金属锂熔化温度的处理温度。

[0130] 通常,该设备包括被被配置为实现上述特征中至少一个的任意组合的装置,为了简洁起见,这里不对其进行详细描述。

[0131] 液体能够是天然或合成油,其包括以下物理化学属性:

[0132] • 疏水性且相对于锂非反应性,

[0133] • 电绝缘,

[0134] • 其密度大于锂的密度,

[0135] • 超过锂的熔化温度(即,180.5℃)时热稳定,

[0136] • 尽可能高的闪点以及自燃点。

[0137] 根据本发明的设备还能够包括用于压缩电池单元组件的装置。

[0138] 压缩装置能够包括至少一个辊。

[0139] 特别地,压缩装置能够包括将电池单元组件压靠到轴承表面的单个辊。能够加热轴承表面以加速电池单元组件的温度升高。

[0140] 可替代地,压缩装置能够包括电池单元组件在其之间穿过的两个辊。

[0141] 通常,压缩步骤能够被配置为在整个提取阶段内施加连续压缩。

[0142] 可替代地,压缩装置能够被配置为在提取阶段期间随时间不连续地施加一次或多次压缩。在这种情况下,提取阶段包含电池单元组件未经受压缩的时刻。

[0143] 有利地,压缩装置能够被配置为以恒定或可变值、从第二边缘到第一边缘逐步地或者通过扫过电池单元组件的表面来施加压缩。因此,熔融锂被逐步传送/引导向位于低位置的第一边缘,这增加了回收的锂的量并降低了锂与一个或多个正电极之间接触的风险。

[0144] 在使用一个或两个压缩辊的情况下,则能够通过连续的穿过来将压缩施加到电池单元组件上。每次穿过都通过从第二边缘到第一边缘扫过电池单元组件的表面来施加压缩。在每次穿过结束时,能够通过撤回辊或通过从轴承表面撤回辊来停止压缩,以返回到第二边缘以便开始新的穿过。

[0145] 辊之间的距离,或者压缩辊与轴承表面之间的距离,能够随着连续的穿过,并且特别是在两个连续的穿过之间而减小。

[0146] 能够实现根据本发明的方法来处理多个电池单元组件,特别是多个电池单元组件形成电池包并且在所述电池包内并联连接在一起。

[0147] 至少两个电池单元组件能够并排对齐,而例如在平行于第一边缘的方向上不重叠。

[0148] 在这种情况下,能够通过一个且相同的压缩装置,即一组辊,或与轴承表面配合的一个辊,来将压缩施加到至少两个电池单元组件。

附图说明

[0149] 通过阅读非限制性的实施例的详细描述以及附图,其他优点和特征将显现,在附图中:

[0150] -图1是本发明含义内的电池单元的一个非限制性实施例示例的示意图;

[0151] -图2是本发明含义内的电池单元组件的一个非限制性实施例示例的示意图;

[0152] -图3是遵循所提出的第一解决方案的根据本发明的方法的第一非限

[0153] 制性实施例示例的示意图;

[0154] -图4是遵循所提出的第二解决方案的根据本发明的方法的第二非限

[0155] 制性实施例示例的示意图;以及

[0156] -图5是遵循所提出的第一解决方案的根据本发明的设备的一个非限

[0157] 制性实施例示例的示意图;

[0158] -图6是遵循所提出的第二解决方案的根据本发明的方法的第一非限

[0159] 制性实施例示例的示意图;

[0160] -图7是遵循所提出的第二解决方案的根据本发明的方法的第二非限

[0161] 制性实施例示例的示意图;

[0162] -图8是遵循所提出的第二解决方案的根据本发明的设备的一个非限制性实施例示例的示意图。

[0163] 应该理解,本文描述的实施例绝不是限制性的。如果对特征的选择足以赋予技术优势或者使本发明与现有技术的状态区别开,则能够设想本发明的变型仅包括对下文描述的特征的选择,对该特征的选择独立于所描述的其他特征。该选择包括不具有结构细节或者仅具有一部分结构细节的至少一个优选地功能特征,只要该部分结构细节单独足以赋予技术优点或者将本发明与现有技术区别开。

[0164] 在附图中,几个附图共有的元素使用相同的附图标记。

[0165] 在本申请中,“密度”是指所讨论的液体的质量密度与水的质量密度之间的比率。

[0166] 液体能够是天然或合成油,其包括以下物理化学属性:

[0167] • 疏水性且相对于锂非反应性,

[0168] • 电绝缘,

[0169] • 其密度大于锂的密度,

[0170] • 超过锂的熔化温度(即,180.5℃)时热稳定,

[0171] • 尽可能高的闪点和自燃点。

[0172] 图1是在本发明含义内的电池单元的一个非限制性实施例示例的示意图,而不管实现了两个所提出解决方案中的哪个。

[0173] 图1中所示的电池单元100包括负电极102,该负电极由固体金属锂层形成或包括固体金属锂层。

[0174] 电池单元100还包括正电极104。正电极104通常由基于聚合物和活性材料的复合材料层来形成。

[0175] 固体电解质层106布置在负电极102与正电极104之间。该固体电解质层106能够例如包括锂盐。

[0176] 电池单元100还包括在正电极104一侧的集电器108。集电器108通常由铝制成。

[0177] 常规地,电池单元100的负电极102在电池单元100的第一边缘110的一侧上延伸超过电池单元100的其他元件,这里延伸到图的右侧;并且电池单元100的正电极104和/或集电器108(所述集电器108连接到正电极104)在与第一边缘110相对的第二边缘112的一侧上延伸超过电池单元100的其他元件。在所示的示例中,仅集电器108在组件100的第二边缘112上延伸超过该组件,这里延伸到图的左侧。在其他示例中,延伸可以仅涉及正电极104,

或者也可以涉及正电极104和集电器108。

[0178] 当然,图1中所示的电池单元100是实现的一个非常简化的版本,以非限制性说明的方式给出。本发明含义内的电池单元能够包括不同于所示那些的层,或者更多层,或者其组成不同于这里作为非限制性示例给出的组成的层。

[0179] 图2是在本发明含义内的电池单元组件的一个非限制性实施例示例的示意图,而不管实现了两个所提出解决方案中的哪个。

[0180] 图2中所示的电池单元组件200包括本发明含义内的一个或更多个电池单元。

[0181] 特别地,电池单元组件200包括若干个相同的电池单元100_1-100_n,这些电池单元在垂直于每个电池单元100_i层平面的方向202上组装。

[0182] 每个电池单元100_i可以与图1中的电池单元100相同。

[0183] 此外,在i＜n的两个相邻电池单元100_i-100_{i+1}之间布置正电极204_i和与其连接的集电器206_i。

[0184] 根据所提出的第一种解决方案的实施例示例

[0185] 图3是遵循所提出的第一解决方案的根据本发明的方法的第一非限制性实施例示例的示意图;

[0186] 图3中所示的方法300包括第一可选步骤302,在该步骤期间,移除电池单元组件的电连接器,并且特别是电流集中器(也称为“压接连接器”)。

[0187] 在可选步骤304期间,移除电池单元组件的每个侧边缘水平处的多余材料,特别是固体金属锂。

[0188] 然后,方法300包括从电池单元中提取金属锂的阶段306。

[0189] 提取阶段306包括步骤308,该步骤将电池单元组件定位在这样的取向上,在该取向上,一个或多个负电极从其延伸的第一边缘位于比一个或多个正电极和集电器从其延伸的第二边缘更低的水平上。特别地,步骤308将电池单元组件定位为在竖直方向上,即平行于重力矢量,使一个或多个负电极从其边缘向下延伸。优选地,但绝非限制性的,电池单元组件在整个提取阶段306内保持在该取向上。

[0190] 提取阶段306还包括步骤310,该步骤将电池单元组件加热到大于或等于电池单元组件中所存在的固体金属锂的熔化温度的处理温度,例如温度为180.5℃。该温度将导致固体金属锂熔化并在重力作用下通过自然排出将其从每个电池单元中提取。优选地,但绝非限制性的,电池单元组件在整个提取阶段306内维持在该温度下。

[0191] 有利地,加热步骤在填充有惰性气体的封闭外壳中进行。

[0192] 提取阶段306还能够包括可选步骤312,该步骤压缩电池单元组件以便将熔融锂冲出每个电池单元。压缩能够在提取阶段306的全部或部分中连续地进行。可替代地,压缩步骤312能够在提取阶段306期间不连续地重复迭代多次。优选地,压缩步骤312从一个或多个正电极从其延伸的第二边缘开始并朝向一个或多个负电极从其延伸的第一边缘移动、逐步地或通过扫过电池单元组件的表面来施加压缩。

[0193] 图4是遵循所提出的第一解决方案的根据本发明的方法的另一非限制性实施例示例的示意图。

[0194] 图4中所示的方法400包括图3中方法300的所有步骤。

[0195] 在方法300的步骤之前,方法400还包括对处理后的电池单元进行再充电的步骤

402。

[0196] 每个电池单元都能够部分或全部地再充电。

[0197] 向每个电池单元充电的事实使得可以增加可用于提取的锂的量,因为再充电会导致锂离子迁移到电池单元的负电极。

[0198] 图5是遵循所提出的第一解决方案的根据本发明的设备的一个非限制性实施例示例的示意图。

[0199] 图5中所示的设备500能够用于实现根据本发明的方法,并且特别是图3和4中的方法300和400。

[0200] 设备500使得可以从包括固体金属锂的电池单元(例如图1中的电池单元100)或从电池单元组件(诸如图2中的组件200)中提取并回收部分或全部锂。

[0201] 设备500包括填充有惰性气体或放置于真空下的烘箱502,其被配置为将电池单元加热到大于或等于电池单元中存在的固体金属锂的熔化温度的处理温度,例如180.5℃或181℃。

[0202] 设备500包括一对钳夹504,其用于将电池单元100或电池单元组件200保持在竖直或至少倾斜的位置,在该位置下,第一边缘110定位在第二边缘112的水平下方。每个钳夹504可移动地安装在竖直轨道506上,以便竖直地移位电池单元或电池单元组件200。

[0203] 设备500还包括一对辊508,它们之间的间隙对应于电池单元100或电池单元组件200的厚度减去金属锂固体层的厚度。该对辊被定位成使得当钳夹504朝上移位时,电池单元100、电池单元组件200分别从第二边缘112开始在辊508之间穿过。因此,辊从第二边缘112开始并朝向第一边缘110移动以分别逐步地向电池单元100、电池单元组件200施加压缩。

[0204] 该设备还包括用于回收在重力作用下流出每个电池单元的熔融金属锂的容器510。容器510必须相对于锂呈惰性。

[0205] 根据所提出的第二解决方案的实施例示例

[0206] 图6是遵循所提出的第二解决方案的根据本发明的方法的一个非限制性实施例示例的示意图。

[0207] 图6中所示的方法600包括第一可选步骤602,在该步骤期间,移除每个电池单元的电连接器,也称为“压接连接器”。

[0208] 在可选步骤604期间,移除电池单元组件的每个侧边缘水平处的多余材料。

[0209] 然后,方法600包括从电池单元中提取金属锂的阶段606。

[0210] 提取阶段606包括步骤608,该步骤将电池单元组件定位在这样的取向中上,在该取向上,一个或多个负电极102从其延伸的第一边缘110在竖直方向上位于比一个或多个正电极104和集电器从其延伸的第二边缘112更高的水平上。特别地,步骤608将电池单元组件定位为在竖直方向上,即平行于重力矢量,使一个或多个负电极102从其边缘向下延伸。优选地,但绝非限制性的,电池单元组件在整个提取阶段606内保持在该取向上。

[0211] 提取阶段606包括将电池单元组件浸入在液体850中的步骤609(参见图8)。例如在图8所示的实施例中,液体850是天然或合成油,例如石蜡油,其包括以下物理化学属性:

[0212] • 疏水性且相对于锂非反应性,

[0213] • 电绝缘,

[0214] • 其密度大于锂的密度，

[0215] • 超过锂的熔化温度(即，180.5℃)时热稳定，以及

[0216] • 闪点以及自燃点尽可能高，例如温度高于600℃，并且至少高于电池单元的处理温度。

[0217] 浸入步骤609通过将电池单元组件200浸入在液体850中以使得液体850完全覆盖电池单元组件200来进行。

[0218] 该浸入步骤609特别有利于促进电池单元与液体850之间的明显热交换，这限制了电池单元过热的风险和短路期间所生成热量的排出并改善了加热动力学。

[0219] 提取阶段606还包括步骤610，该步骤将电池单元组件加热到大于或等于电池单元组件中所存在的固体金属锂的熔化温度的处理温度，例如温度为180.5℃。在所呈现的实施例中，液体850由烘箱加热，并将热量传递给电池单元组件。一旦高于锂的熔化温度，该温度就会导致固体金属锂熔化并在重力作用下通过自然排出将其从每个电池单元中提取。优选地，但绝非限制性的，电池单元组件在整个提取阶段606内维持在该温度下。处理温度不得超过液体850(特定于每种液体850)的降解温度，超过该降解温度液体850降解。换句话说，液体850在超过阈值温度时会改变属性以使得不再满足上述特性。理想地，相对于锂的熔化温度，液体的降解温度必须高于+40℃(并且例如在+60℃至+60℃)。

[0220] 因此，从电池中提取锂的方法使得可以通过使锂流过一个或多个负电极102从其延伸的第一边缘110来限制短路电位的影响，并使得可以通过将电池单元组件浸入在不与锂反应的液体中并改进来自电池单元组件的热量耗散(特别是在短路期间)来控制短路。

[0221] 提取阶段606还能够包括可选步骤612，该步骤压缩电池单元组件以便加速将熔融锂提取出每个电池单元。压缩能够在提取阶段606的全部或部分中连续地进行。可替代地，压缩步骤612能够在提取阶段606期间不连续地重复迭代多次。优选地，压缩步骤612从一个或多个正电极104从其延伸的第二边缘112开始并朝向一个或多个负电极102从其延伸的第一边缘110移动、逐步地或通过扫过电池单元组件的表面来施加压缩。

[0222] 图7是遵循所提出的第二解决方案的根据本发明的方法的另一非限制性实施例示例的示意图。

[0223] 图7中所示的方法700包括图6中方法600的所有步骤。

[0224] 在方法600的步骤之前，方法700还包括对处理后的一个或多个电池单元进行再充电的步骤702。

[0225] 每个电池单元都能够部分或全部地再充电。

[0226] 向每个电池单元充电的事实使得可以增加可用于提取的锂的量，因为再充电会导致锂离子迁移到电池单元的负电极，这改进了所提取的锂的量以及操作的动力学。

[0227] 图8是遵循所提出的第二解决方案的根据本发明的设备的一个非限制性实施例示例的示意图。

[0228] 图8中所示的设备800能够用于实现根据本发明的方法，并且特别是图6和7中的方法600和700。

[0229] 设备800使得可以从包括固体金属锂的电池单元(例如图1中的电池单元100)或从电池单元组件(诸如图2中的组件200)中提取并回收部分或全部锂。

[0230] 设备800包括填充有液体850的烘箱802，其被配置为将电池单元加热到大于或等

于电池单元中存在的固体金属锂的熔化温度的处理温度，例如180.5℃或181℃。在所呈现的实施例中，液体850由烘箱802加热，并将热量传递给电池单元组件。

[0231] 设备800包括一对钳夹804，其用于将电池单元100或电池单元组件200保持在竖直或至少倾斜的位置，在该位置下，第一边缘110定位在第二边缘112的水平上方。每个钳夹804可移动地安装在竖直轨道806上，以便竖直地移位电池单元100或电池单元组件200。

[0232] 液体850完全覆盖电池单元组件，以使得第一边缘110位于液体850的水平下方。

[0233] 设备800还包括一对辊808，它们之间的间隙对应于电池单元100或电池单元组件200的厚度减去金属锂的一个或多个固体层的厚度。该对辊被定位成使得当钳夹804朝上移位时，电池单元100、电池单元组件200分别从第二边缘112开始在辊808之间穿过。因此，辊从第二边缘112开始并朝向第一边缘110移动以分别逐步地向电池单元100、电池单元组件200施加压缩。

[0234] 当然，本发明不限于以上所详细描述的示例。

[0235] 例如，包括固体金属锂的电池单元的组成能够不同于图1中所指示的组成。

[0236] 此外，根据本发明的设备能够包括不同于图5和图7中所示的那些设备，例如用于从电池单元中切断电连接器的装置、用于切断一个或每个边缘上多余部分的装置。

[0237] 例如，分别为504和804的钳夹能够是固定的，并且分别为508和808的辊能够是可移动的并且能够根据本实施例从上向下、或从下向上来压缩电池单元组件。

[0238] 此外，可以使用单烘箱和专用于一个电池单元或电池单元组件的多对辊。

[0239] 能够操作一对辊以便同时处理几个相邻的电池单元组件。

[0240] 作为示例，步骤609能够通过将电池单元100或电池单元组件200浸没在液体850中，或通过将烘箱802填充有液体850以使得液体850分别覆盖电池单元组件200、电池单元100来进行。

[0241] 应当注意，一个或多个负电极102从其延伸的组件第一边缘110的取向是电池单元100或电池单元组件200在其中被浸没的流体的密度的函数。在流体是气体的情况下，其被本发明提出的第一解决方案所覆盖，则第一边缘110将位于一个或多个正电极104从其延伸的第二边缘112下方，因为气体的密度低于锂。在流体是密度大于锂的液体的情况下，其被本发明所提出的第二解决方案覆盖，则第一边缘110将位于第二边缘112上方。

[0242] 在流体是密度小于锂的液体的情况下，则第一边缘110的取向将在第二边缘112下方，如第一实施例中所示。

[0243] 此外，分别通过辊508、808，电池单元100的压缩方向更有利于从第二边缘112到第一边缘110压缩电池单元。因此，根据流体的密度，压缩方向不一致，如图5和图8中所示的示例中可见。

[0244] 第一边缘110的特征能够在于它限定了锂一旦处于液态则必须流过的一侧。

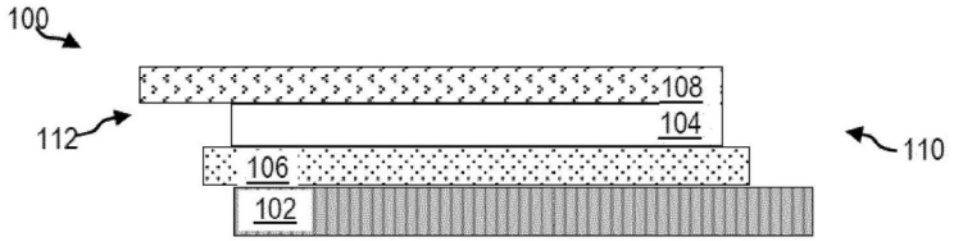

100
108
104
112
110
106
102

图1

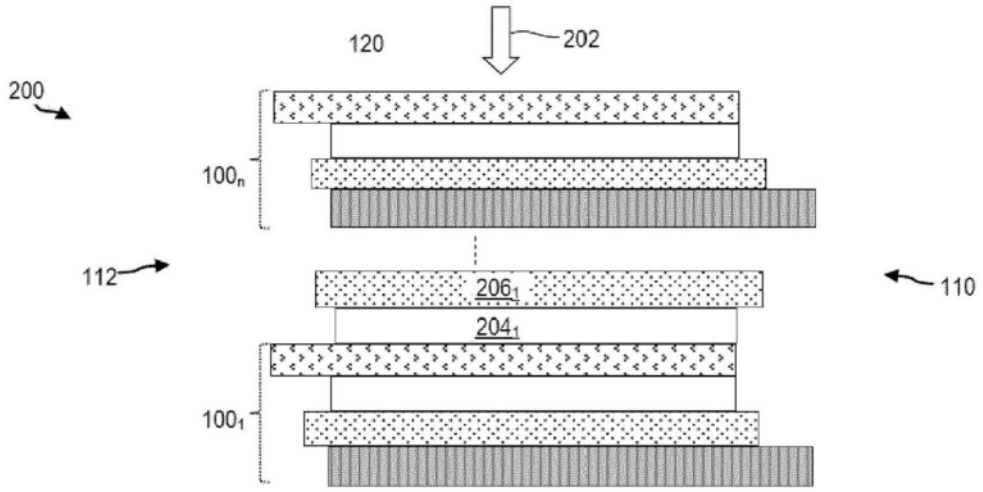

120
202
200
100n
112
2061
110
2041
1001

图2

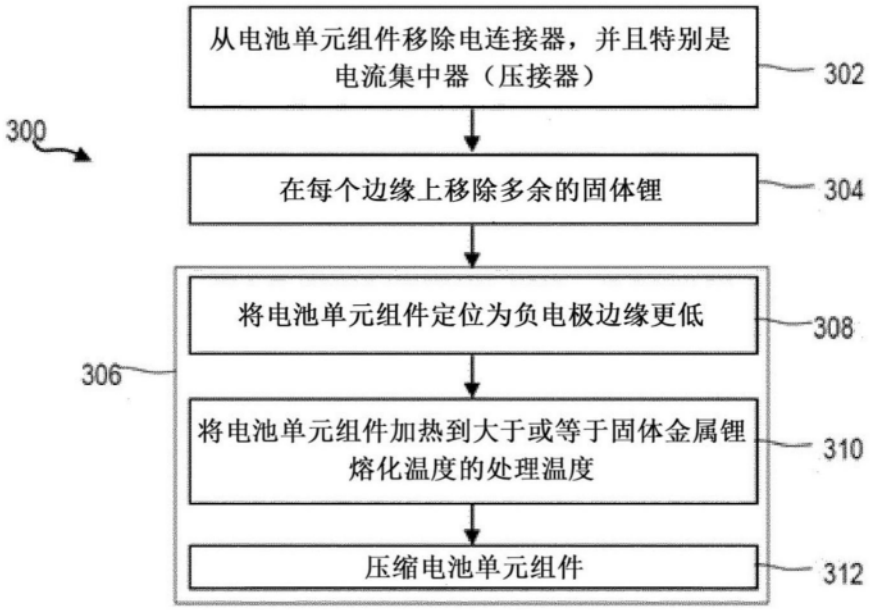

从电池单元组件移除电连接器，并且特别是电流集中器（压接器）
302
300
在每个边缘上移除多余的固体锂
304
将电池单元组件定位为负电极边缘更低
308
306
将电池单元组件加热到大于或等于固体金属锂熔化温度的处理温度
310
压缩电池单元组件
312

图3

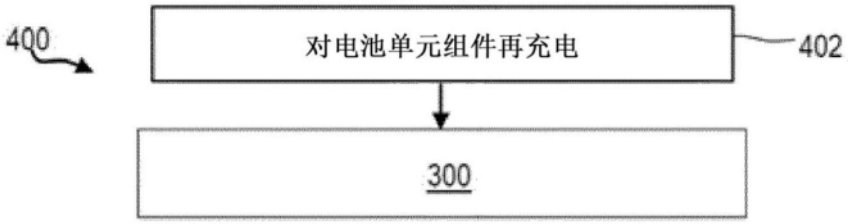

400
对电池单元组件再充电
402
300

图4

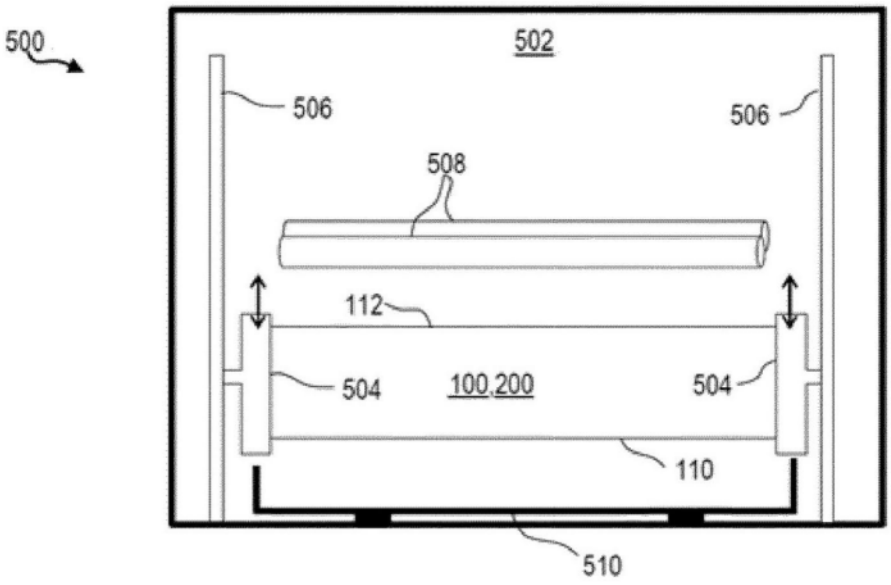

500
502
506
506
508
112
504
100,200
504
110
510

图5

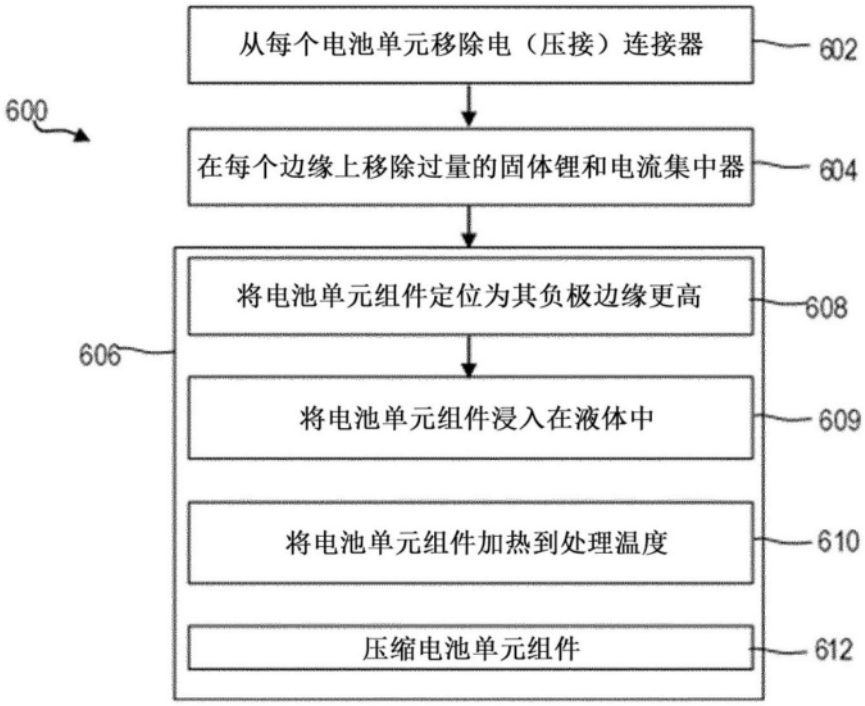

从每个电池单元移除电（压接）连接器
602
600
在每个边缘上移除过量的固体锂和电流集中器
604
将电池单元组件定位为其负极边缘更高
608
606
将电池单元组件浸入在液体中
609
将电池单元组件加热到处理温度
610
压缩电池单元组件
612

图6


对电池单元组件再充电
702
700
600

图7

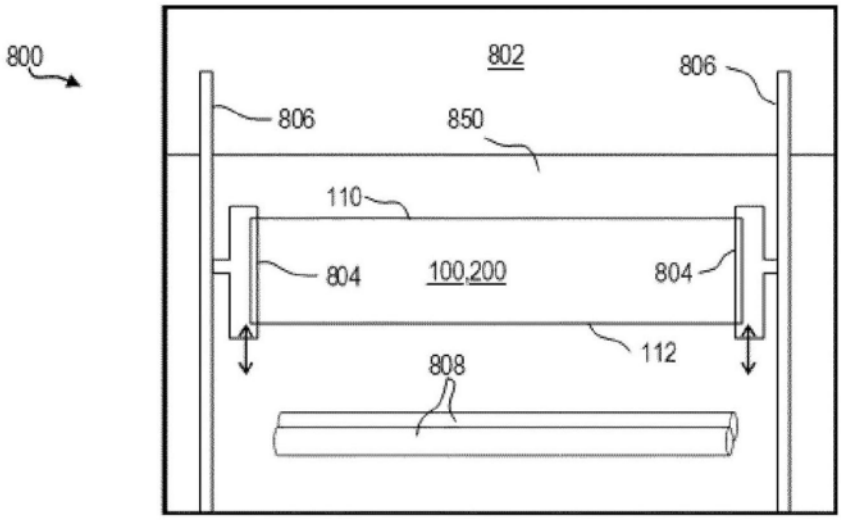


图8