

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202491417 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.08.13

(51) Int. Cl. *H01M 10/052* (2010.01)
C22B 7/00 (2006.01)
H01M 10/0568 (2010.01)
H01M 10/54 (2006.01)
C22B 3/02 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.04.27

(54) СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ АККУМУЛЯТОРОВ И УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ АККУМУЛЯТОРОВ

(31) 21214491.9

(72) Изобретатель:
Буссманн Тиль (DE)

(32) 2021.12.14

(33) EP

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

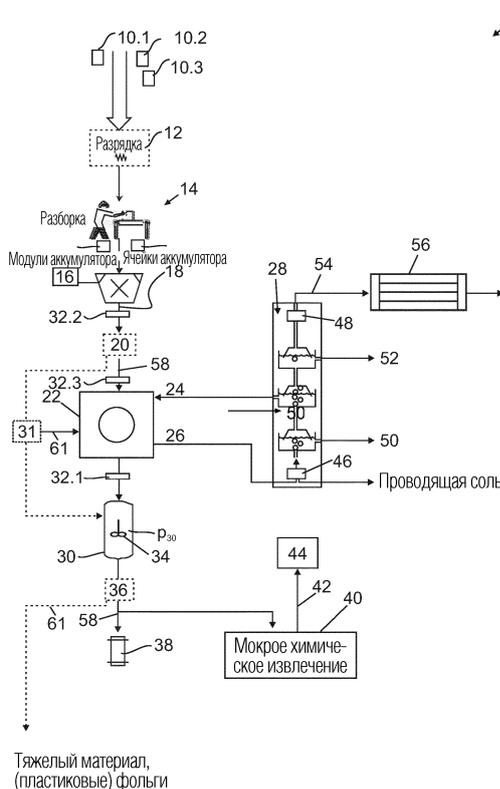
(86) PCT/EP2022/061280

(87) WO 2023/110167 2023.06.22

(71) Заявитель:

ДЮЗЕНФЕЛЬД ГМБХ (DE)

(57) Изобретение относится к способу переработки аккумуляторов, в частности литиевых аккумуляторов и/или натриевых аккумуляторов, которые состоят соответственно по меньшей мере из одного гальванического элемента, который имеет соответственно два полюса, и содержат проводящую соль, растворенную в растворителе проводящей соли, со стадиями: а) замыкания накоротко аккумуляторов до тех пор, пока по меньшей мере 75% гальванических элементов не будут иметь напряжение регенерации ячейки не более 0,3 В, в частности не более 0,2 В, и б) затем измельчения аккумуляторов, в результате чего получают измельченный материал.



202491417 A1

202491417 A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420- 581333EA/025

СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ АККУМУЛЯТОРОВ И УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ АККУМУЛЯТОРОВ

Изобретение относится к способу переработки аккумуляторов, в частности литиевых аккумуляторов или натриевых аккумуляторов, которые содержат проводящую соль, растворенную в растворителе проводящей соли, причем каждый аккумулятор предпочтительно состоит из по меньшей мере одного гальванического элемента, соответственно имеющего два полюса.

Согласно второму аспекту изобретение относится к установке для переработки аккумуляторов, в частности установке для переработки литиевых аккумуляторов, с (a) установкой измельчения аккумуляторов для измельчения аккумуляторов с получением измельченного материала, и (b) промывочным устройством для промывки измельченного материала промывочным растворителем с получением промывочной жидкости.

Аккумуляторы, которые нельзя использовать повторно, следует перерабатывать. При переработке находящиеся в аккумуляторах вещества или химические элементы отделяются друг от друга так, чтобы их можно было снова использовать для производства аккумуляторов или для других целей.

Желательно, чтобы при переработке, которая также называется рециклингом, образовывалось как можно меньше нежелательных побочных продуктов. В частности, желательно, чтобы при переработке выделялось как можно меньше парниковых газов, поскольку одной из причин более широкого использования аккумуляторов является желание уменьшить количество парниковых газов, образующихся при энергоснабжении.

Известно множество способов переработки аккумуляторов, особенно литиевых аккумуляторов, но они имеют сравнительно высокий выброс CO₂.

Прежде всего, желательно переработать как можно больше компонентов аккумуляторов, чтобы их можно было снова использовать для производства аккумуляторов. Это оказалось сложно.

В основу изобретения положена задача улучшения переработки аккумуляторов, особенно литиевых аккумуляторов.

Изобретение решает поставленную задачу способом переработки аккумуляторов, в частности литиевых аккумуляторов и/или натриевых аккумуляторов, которые состоят соответственно из по меньшей мере одного гальванического элемента, который имеет соответственно два полюса, и содержат проводящую соль, растворенную в растворителе проводящей соли, со стадиями а) замыкания накоротко аккумуляторов до тех пор, пока по меньшей мере 75% гальванических элементов не будут иметь напряжение регенерации ячейки не более 0,4 В, в частности не более 0,3 В, предпочтительно не более 0,2 В, в частности не более 0,15 В, и б) затем измельчения аккумуляторов, в результате чего получают измельченный материал. Предпочтительно, этот способ включает стадии (a) измельчения аккумуляторов, в результате чего получают измельченный материал, и (b)

вымывания проводящей соли из измельченного материала промывочным растворителем, в результате чего получают промытый измельченный материал.

Изобретение также решает проблему способом переработки аккумуляторов, в частности литиевых аккумуляторов, которые содержат проводящую соль, растворенную в растворителе проводящей соли, со стадиями (а) измельчения аккумуляторов, в результате чего получают измельченный материал, и (b) вымывания проводящей соли из измельченного материала промывочным растворителем, в результате чего получают промытый измельченный материал. Предпочтительно, этот способ включает стадии (а) замыкания накоротко аккумуляторов до тех пор, пока по меньшей мере 75% гальванических элементов не будут иметь напряжение регенерации ячейки элемента не более 0,2 В, в частности не более 0,15 В, и (b) затем измельчения аккумуляторов, в результате чего получают измельченный материал.

Описанные ниже предпочтительные варианты осуществления относятся к обоим изобретениям.

Согласно второму аспекту, изобретение решает проблему с помощью установки для переработки аккумуляторов вышеуказанного типа, имеющей промывочное устройство для промывки измельченного материала промывочным растворителем с получением промывочной жидкости.

Замыкание накоротко аккумуляторов приводит к тому, что проводящую соль можно извлечь с особенно высокой степенью чистоты. Не совсем понятно, почему замыкание накоротко увеличивает чистоту извлеченной проводящей соли. Предположительно, напряжение регенерации ячейки, которое значительно превышает 0 В, вызывает локальное выделение тепла во время измельчения, что может способствовать разложению проводящей соли и/или образованию фтороводорода.

Следует отметить, что сама по себе глубокая разрядка не приводит к напряжению регенерации ячейки не более 0,2 В. Под глубокой разрядкой понимается отбор тока от аккумулятора до почти полного исчерпания емкости, в частности до напряжения ниже конечного напряжения разряда. Энергосодержание аккумулятора после глубокой разрядки очень мало, поскольку, с одной стороны, напряжение ячейки резко упало, а, с другой стороны, достижимый разрядный ток очень мал. В способах согласно уровню техники осуществляют только глубокую разрядку.

Однако было обнаружено, что энергосодержание даже после глубокой разрядки является достаточно высоким, чтобы могло привести к образованию фтороводорода. Количества фтороводорода, образующиеся при измельчении глубоко разряженных, но не замкнутых накоротко аккумуляторов, сравнительно невелики, однако установлено, что даже небольшое загрязнение проводящей соли продуктами разложения может ухудшать пригодность проводящей соли и/или электролита для изготовления новых аккумуляторов.

Под напряжением регенерации ячейки понимают такое напряжение ячейки, которое прикладывается к соответствующему гальваническому элементу после заданного времени регенерации, в течение которого полюса аккумулятора электрически не

соединены. Под тем признаком, что полюса аккумулятора электрически не соединены, понимается, что полюса изолированы друг от друга, т.е., в частности, между двумя полюсами существует сопротивление по меньшей мере 1 МОм. Другими словами, в течение времени регенерации электрическая энергия от гальванического элемента не отбирается. В частности, в течение времени регенерации полюса гальванических элементов аккумулятора электрически не соединены.

В течение времени регенерации напряжение ячейки увеличивается. Даже разряд аккумулятора до напряжения ячейки, например, ниже 0,2 В приводит к напряжению регенерации ячейки более 0,2 В, если разрядка осуществляется недостаточно длительное время.

Установлено, что аккумулятор INR18650-25R от Samsung, выпущенный в феврале 2022 года, имеет напряжение ячейки 0 В после замыкания накоротко на 1 час. Напряжение регенерации ячейки составляло 1 В. После замыкания накоротко на 3 часа напряжение ячейки составляло 0 В, напряжение регенерации ячейки составляло 0,8 В. После замыкания накоротко на 5 часов напряжение ячейки составляло 0 В, напряжение регенерации ячейки составляло 0,6 В. После замыкания накоротко на 24 часа напряжение ячейки составляло 0 В, напряжение регенерации ячейки составляло 0,2 В.

Замыкание накоротко аккумуляторов на столь длительное время, чтобы напряжение регенерации ячейки составляло самое большее 0,4 В, в частности самое большее 0,3 В, в частности самое большее 0,2 В, также можно назвать регенерационно-безопасным замыканием накоротко. Поэтому выгодно, чтобы аккумуляторы измельчались только после регенерационно-безопасного замыкания аккумуляторов накоротко.

Произошло ли регенерационно-безопасное замыкание накоротко, можно определить, удерживая соответствующий аккумулятор при 1013 гПа и 23°C на время регенерации без внешней электрической нагрузки и, в частности, без короткого замыкания. Другими словами, замыкание накоротко аккумуляторов до тех пор, пока по меньшей мере 75% гальванических элементов не будут иметь заданное максимальное напряжение регенерации ячейки, также может произойти, если аккумуляторы измельчаются или обрабатываются иным образом до окончания времени регенерации. Единственным решающим фактором является то, были ли они закорочены так, чтобы по истечении времени регенерации они не превышали заданное напряжение регенерации ячейки.

Время регенерации составляет 12 часов. Следует отметить, что это не является показателем того, как долго аккумуляторы будут находиться в состоянии замыкания накоротко. В частности, замыкание накоротко аккумуляторов на 12 часов может привести к тому, что напряжение регенерации ячейки все еще будет выше 0,2 В.

Предпочтительно, аккумуляторы замыкают накоротко на время короткого замыкания, составляющее по меньшей мере 8 часов, в частности, по меньшей мере 10 часов, предпочтительно, по меньшей мере 12 часов, в частности, по меньшей мере 15 часов, в частности, по меньшей мере 18 часов. Особенно предпочтительным является

время короткого замыкания, составляющее по меньшей мере 20 часов, например 24 часа. Предпочтительно, время короткого замыкания составляет менее 120 часов. Таким образом можно добиться того, чтобы, как это предусмотрено в предпочтительном варианте осуществления, по меньшей мере 90 массовых процентов, в частности, по меньшей мере 95 массовых процентов, проводящей соли аккумулятора не разлагалось при измельчении.

Целесообразно, если замыкание накоротко производится металлическим проводником. При этом металлический проводник соединяет полюса аккумулятора, то есть отрицательный полюс и положительный полюс, без какой-либо нагрузки. Это означает, что металлический проводник не соединяет полюса аккумулятора с электрическим резистором или другим потребителем электроэнергии. Особенно целесообразно, если соединение отрицательного полюса и положительного полюса не происходит посредством жидкости, в частности раствора соли.

Предпочтительно, при замыкании накоротко электрическое сопротивление между положительным полюсом аккумулятора и отрицательным полюсом аккумулятора составляет самое большее 10 Ом, в частности самое большее 1 Ом, предпочтительно самое большее 0,3 Ом.

Возможно, но не обязательно, что аккумулятор после регенерационно-безопасного короткого замыкания транспортируют, в частности, на расстояние по меньшей мере 1 км, в частности по меньшей мере 5 км. Благодаря регенерационно-безопасному короткому замыканию риск возгорания и, следовательно, опасности для окружающей среды из-за аккумулятора особенно мал. Предпочтительно, аккумулятор не транспортируют после регенерационно-безопасного короткого замыкания на расстояние более 1 км, поскольку такая транспортировка также может представлять угрозу безопасности.

Предпочтительно, способ включает стадию сушки измельченного материала при температуре самое большее 80°C, в частности самое большее 70°C, особенно предпочтительно самое большее 60°C, например, самое большее 50°C, и давлении самое большее 300 гПа, в частности самое большее 50 гПа, в результате чего получают высушенный измельченный материал.

Предпочтительно, за счет сушки удаляют по меньшей мере 40 мас.%, в частности по меньшей мере 50 мас. %, предпочтительно по меньшей мере 60 мас. %, особенно предпочтительно по меньшей мере 70 мас. % растворителя электролита. Предпочтительно, удаляют самое большее 95 мас.% растворителя электролита, в частности самое большее 90 мас. %, особенно предпочтительно самое большее 85 мас. %. Вымывание проводящей соли промывочным растворителем приводит к увеличению выброса CO₂ в способе, поэтому целесообразно удалять только ту часть растворителя электролита, которую не лучше удалить путем сушки.

Целесообразно, если проводящую соль вымывают из полученного таким образом высушенного измельченного материала промывочным растворителем.

Предпочтительно, перед вымыванием проводящей соли сепарируют черную массу и вымывают проводящую соль из черной массы. Черную массу предпочтительно

сепарируют после сушки.

Под сепарацией понимается прием, при котором черную массу отделяют от других компонентов измельченного материала. Таким образом, отделение тяжелого материала и/или фольг от, в частности высушенного, измельченного материала является сепарацией черной массы.

Может быть целесообразным, если во время измельчения аккумуляторы являются короткозамкнутыми. Это приводит к особенно низким потерям проводящей соли.

Предпочтительным в изобретении является то, что путем вымывания проводящей соли большая часть фтора может быть удалена из измельченного материала путем вымывания проводящей соли при условии, что аккумулятор содержит фтор. Фтор может вступать в реакцию с образованием фтороводорода и/или фторорганических веществ, которые являются высокотоксичными и/или вызывают значительный износ установки для переработки аккумуляторов.

Чтобы можно было без затратной очистки снова использовать проводящую соль и/или растворитель проводящей соли для изготовления аккумуляторов, она должна иметь высокий уровень чистоты. Было обнаружено, что этого трудно достичь простым замыканием аккумуляторов накоротко и простым вымыванием проводящей соли промывочным растворителем и/или сушкой при температуре самое большее 80°C в вакууме. Тем не менее, путем объединения этих двух процессов можно получить особенно чистую проводящую соль и/или растворитель проводящей соли.

Если перерабатываются по меньшей мере литиевые аккумуляторы, то путем вымывания проводящей соли можно относительно простым образом удалить большую часть лития. Это облегчает любое последующее мокрое химическое извлечение.

Если растворитель проводящей соли содержит компонент, температура кипения которого выше, чем температура кипения промывочного растворителя, что представляет собой предпочтительный вариант осуществления изобретения, то этот компонент обычно также можно в значительной степени удалить путем вымывания проводящей соли. На последующей стадии сушки, предусмотренной согласно предпочтительному варианту осуществления, этот компонент больше не нужно удалять или удалять только в меньшей степени, что облегчает сушку.

В контексте настоящего описания под литиевым аккумулятором понимают аккумулятор, в которой полезная электрическая энергия обеспечивается электрохимической реакцией с литием. Литиевый аккумулятор содержит электролит, который является растворителем проводящей соли (т.е. соли, добавляемой в электролит для увеличения его электропроводности).

Под измельченным материалом понимается продукт измельчения аккумуляторов. Измельченный материал может быть изменен с помощью дальнейших этапов механического разделения или разделен на различные фракции. После химического преобразования, то есть химической реакции, например, сжигания или смешивания с кислотой, что происходит не только для регулирования значения pH, измельченного

материала больше не остается.

Под вымыванием понимают, в частности, добавление и удаление промывочного растворителя к измельченному материалу, в результате чего проводящая соль переходит в промывочной растворитель. Вымывание может включать непрерывное добавление и удаление промывочного растворителя, тогда его называют непрерывным вымыванием. Вымывание также может включать однократное добавление и удаление промывочного растворителя, тогда его называют прерывистым вымыванием. Вымыванием также может включать многократное, прерывистое добавление и удаление промывочного растворителя, тогда его называют полунепрерывным вымыванием. Когда мы далее говорим о вымывании или промывке, это всегда означает добавление и удаление промывочного растворителя.

Промывочный растворитель предпочтительно представляет собой органический растворитель. Промывочной растворитель предпочтительно представляет собой чистое вещество, т.е. не смесь. Под тем признаком, что промывочный растворитель является чистым веществом, понимается, в частности, то, что промывочный растворитель состоит на по меньшей мере 85 массовых процентов, в частности, на по меньшей мере 90 массовых процентов, из чистого вещества. Однако, можно использовать и смесь чистых веществ. Смесь предпочтительно содержит самое большее три компонента.

Например, промывочным растворителем является ацетон, ацетоуксусный сложный эфир, этилацетат, метилэтилкетон и/или тетрагидрофуран. Предпочтительно, промывочной растворитель не содержит N-метил-2-пирролидона.

Промывочный растворитель также может представлять собой сверхкритическую жидкость, например сверхкритическую двуокись углерода, или газообразующую при 1013 гПа и 30°C жидкость, например жидкую двуокись углерода. Это приводит к особенно высокой чистоте извлеченной проводящей соли и/или извлеченного растворителя электролита.

Под черной массой понимают графитсодержащую фракцию измельченного материала, которая образуется из измельченного материала путем выделения частей корпуса и металлических частей, например соединительных электродов, а также фольг, например, частей сепараторной фольги или проводящей фольги.

Под фольгой понимают, в частности, части сепараторной фольги и проводящей фольги.

Согласно предпочтительному варианту осуществления проводящая соль представляет собой соединение фтора и/или содержит по меньшей мере 5 массовых процентов соединения фтора. Предпочтительно, это соединение фтора представляет собой LiPF_6 или NaPF_6 . В этом случае предпочтительно, если вымывание осуществляется настолько долго, пока количество (измеренное по массе) проводящей соли не уменьшится на по меньшей мере 80%, в частности на по меньшей мере 90%.

Предпочтительно, проводящая соль представляет собой соединение лития или содержит по меньшей мере 50 массовых процентов соединения лития. Путем удаления

проводящей соли предпочтительно удалить большую часть, в частности, по меньшей мере половину, всего лития в измельченном материале. Проводящую соль и, следовательно, литий можно легче удалить из промывочного растворителя, чем из измельченного материала.

Предпочтительно, проводящая соль представляет собой соединение хлора или содержит по меньшей мере 50 мас.% соединения хлора. Проводящая соль предпочтительно представляет собой соединение бора, например тетраборат натрия, или содержит по меньшей мере 50 мас.% соединения бора. Такие проводящие соли особенно чувствительны к местному нагреву, который может произойти, если аккумуляторы не будут короткозамкнуты в течение достаточного периода времени.

Предпочтительно, вымывание проводят настолько долго, пока не будет удалено по меньшей мере 80% этиленкарбоната (ЭК), диметилкарбоната (ДМК), этилметилкарбоната (ЭМК) и/или диэтилкарбоната (ДЭК). Альтернативно или дополнительно, вымывание проводят настолько долго, пока не будет удалено по меньшей мере 80% фторбензола, метанола; этанола, пропиленкарбоната, фенилциклогексана (циклогексилбензола) и/или триметил-(трифторметил)-силана.

Предпочтительно, способ включает стадию удаления промывочного растворителя из измельченного материала. Удаление промывочного растворителя можно проводить, например, путем отсасывания, фильтрования, отжима или слива.

Предпочтительно, способ включает стадию выделения промывочного растворителя из промывочной жидкости, которая образуется путем вымывания проводящей соли промывочным растворителем из измельченного материала. При этом образуется регенерированный промывочный растворитель. Таким образом, промывочный растворитель можно использовать повторно, как это предусмотрено в предпочтительном варианте осуществления, т.е. снова добавлять к измельченному материалу. Предпочтительно, осуществляют циркуляцию промывочного растворителя в замкнутом контуре, т.е. используют его снова и снова.

Выделение промывочного растворителя из промывочной жидкости осуществляется, например, перегонкой, в частности непрерывной перегонкой. Альтернативно или дополнительно, выделение может включать гравитационное разделение и/или центрифугирование и/или фильтрование.

Целесообразно, если способ включает стадию мокрого химического извлечения по меньшей мере одного металлического компонента из измельченного материала. Мокрое химическое извлечение предпочтительно включает стадию добавления минеральной кислоты, в частности серной кислоты или соляной кислоты.

Мокрое химическое извлечение предпочтительно содержит стадию добавления концентрированной серной кислоты, в результате чего удаляется по меньшей мере 80%, в частности по меньшей мере 90% оставшегося фтора. За счет предварительного вымывания проводящей соли потребуется меньше серной кислоты для удаления фтора. Это приводит к меньшему количеству отходов и снижению потреблению ресурсов.

Растворитель проводящей соли имеет максимальную температуру кипения. Это такая температура, что из 1 литра растворителя проводящей соли через 1 час при этой температуре при 1013 гПа испаряются по меньшей мере 99 массовых процентов. Если растворитель проводящей соли, как предусмотрено согласно предпочтительному варианту осуществления, состоит из чистого вещества, максимальная температура кипения соответствует температуре кипения растворителя проводящей соли. Если растворитель проводящей соли, как предусмотрено в альтернативном варианте осуществления, представляет собой смесь чистых веществ, каждое из которых соответственно имеет температуру кипения, то максимальная температура кипения представляет собой температуру кипения самого высококипящего компонента.

Предпочтительно, чтобы максимальная температура кипения промывочного растворителя была ниже максимальной температуры кипения растворителя проводящей соли. Предпочтительно, максимальная температура кипения промывочного растворителя составляет на по меньшей мере 10 Кельвинов, предпочтительно на по меньшей мере 20 Кельвинов, особенно предпочтительно на по меньшей мере 30 Кельвинов, ниже максимальной температуры кипения растворителя проводящей соли.

Целесообразно, если максимальная температура кипения промывочного растворителя составляет самое большее 90°C, предпочтительно самое большее 80°C, особенно предпочтительно самое большее 70°C, в частности самое большее 60°C, а наиболее предпочтительно самое большее 50°C. Это облегчает удаление промывочного растворителя на предпочтительно присутствующей последующей стадии сушки. Кроме того, при сушке при таких низких температурах снижается или предотвращается образование опасных соединений фтора, особенно фтороводорода.

Проводящая соль имеет растворимость в промывочном растворителе, которая выражается в граммах проводящей соли на литр промывочного растворителя при максимальном насыщении промывочного растворителя проводящей солью. Согласно предпочтительному варианту осуществления растворимость проводящей соли в промывочном растворителе составляет по меньшей мере половину растворимости проводящей соли в электролитах. Особенно целесообразно, если растворимость проводящей соли в промывочном растворителе выше, чем в растворителе проводящей соли.

Предпочтительно, вымывание проводящей соли осуществляют с помощью взрывобезопасных машин и/или во взрывобезопасной атмосфере.

Предпочтительно, промывочный растворитель представляет собой растворитель для ПВХФ (поливинилиденфторида). ПВХФ является широко используемым связующим в литиевых аккумуляторах и содержит фтор. Связующее также можно удалить растворением с помощью подходящего промывочного растворителя, что еще больше снижает концентрацию фтора в промытом измельченном материале.

Предпочтительно, вымывание проводящей соли также включает растворение связующего. Согласно предпочтительному варианту осуществления промывку

промывочным растворителем проводят настолько долго, пока не будет удалено по меньшей мере 70 массовых процентов, предпочтительно по меньшей мере 80 массовых процентов, в частности по меньшей мере 90 массовых процентов связующего.

Предпочтительно, способ включает стадии (a) сушки промытого измельченного материала и, предпочтительно, (b) последующего отделения фольг, в частности металлических фольг, и/или тяжелого материала от промытого измельченного материала, в результате чего получается черная масса.

Альтернативно, способ может включать стадии a) отделения фольг, в частности металлических фольг, и/или тяжелого материала от промытого измельченного материала и (b) последующей сушки промытого измельченного материала.

Сушка предпочтительно осуществляется при разрежении. Например, давление во время сушки составляет самое большее 700 гПа, в частности, самое большее 600 гПа, предпочтительно, самое большее 500 гПа. В частности, давление составляет по меньшей мере 100 гПа, предпочтительно, по меньшей мере 200 гПа, в частности, по меньшей мере 300 гПа. Температура во время сушки предпочтительно составляет самое большее 90°C, предпочтительно самое большее 80°C, особенно предпочтительно самое большее 70°C, в частности самое большее 60°C, а наиболее предпочтительно самое большее 50°C.

Согласно предпочтительному варианту осуществления сушку заканчивают, когда удалено столько промывочного растворителя, что при 23°C и давлении 1013 гПа в наполовину заполненном высушенным материалом барабане емкостью 50 л не может образоваться горючая атмосфера.

Если металлические фольги отделяют, согласно предпочтительному варианту осуществления их также сушат после промывки и/или сепарируют черную массу, прилипшую к металлическим фольгам, например, с помощью воздушно-струйного сита.

Предпочтительно, способ включает стадию сушки измельченного материала после измельчения, в частности, без предварительной промывки. Сушка предпочтительно осуществляется при температуре самое большее 80°C, в частности при температуре самое большее 70°C, предпочтительно при температуре самое большее 60°C, особенно предпочтительно при температуре самое большее 50°C. Таким образом получают высушенный измельченный материал. Сушку предпочтительно проводят при разрежении, причем давление предпочтительно составляет самое большее 600 гПа, в частности самое большее 300 гПа.

Сушку предпочтительно проводят таким образом, чтобы высококипящие компоненты, давление паров которых составляет при 50°C ниже 10 гПа, в частности ниже 5 гПа, удалялись самое большее на 30 массовых процентов, в частности самое большее на 20 массовых процентов. Дальнейшее удаление этих компонентов требует много времени и сил. За счет последующей промывки измельченного материала высококипящие компоненты вымываются и таким образом удаляются.

Альтернативно или дополнительно, сушку заканчивают перед тем, как растворитель проводящей соли будет удален на более чем 95 массовых процентов, в

частности более чем 90 массовых процентов. В измельченном материале остаются компоненты электролита, которые особенно трудно удалить. Они могут быть затем легко вымыты из измельченного материала на предусмотренной согласно предпочтительному варианту осуществления стадии вымывания проводящей соли промывочным растворителем из измельченного материала.

У высушенного измельченного материала на предусмотренной согласно предпочтительному варианту осуществления стадии отделяют тяжелые материалы, в частности измельченные части корпуса, и/или фольг, в частности металлических фольг. Таким образом получают измельченный материал в виде черной массы.

Благодаря отделению тяжелого материала, который состоит, в частности, из частей корпуса из пластика, предотвращается растворение этих объектов во время последующей промывки промывочным растворителем. Это могло бы привести к загрязнению промывочного растворителя.

Согласно предпочтительному варианту осуществления способ включает стадию разделения фольг на пластиковые фольги и металлические фольги из, при необходимости высушенного, измельченного материала. Металлические фольги часто покрыты черной массой. Черная масса часто не полностью отделяется от металлической фольги. С другой стороны, пластиковая фольга обычно не покрыта черной массой, но может растворяться или набухать под действием промывочного растворителя, что обычно нежелательно. Путем разделения фольг на пластиковые и металлические фольги, что осуществляется, например, механически, оба типа фольг можно обрабатывать отдельно.

Предпочтительно, металлические фольги после отделения от пластиковых фольг промывают промывочным растворителем. Это может происходить вместе с отделившейся черной массой или отдельно от нее. Если металлическая фольга, как предусмотрено согласно предпочтительному варианту осуществления, не промывается перед отделением от пластиковой фольги (даже не вместе с другими), металлическую фольгу предпочтительно промывают вместе с черной массой, не налипшей на металлическую фольгу. Альтернативно или дополнительно, металлическую фольгу промывают отдельно. Последнее имеет то преимущество, что для большинства типов литиевых аккумуляторов при вымывании получается особенно кобальтсодержащая черная масса.

Эта черная масса имеет вид измельченного материала. Из этого измельченного материала согласно предпочтительному варианту осуществления вымывают проводящую соль промывочным растворителем.

Предпочтительно, полученную таким образом промытую черную массу затем высушивают. Сушка предпочтительно осуществляется при температуре самое большее 70°C, предпочтительно самое большее 60°C, особенно предпочтительно самое большее 50°C. Таким образом получают высушенный измельченный материал. Сушку предпочтительно проводят при разрежении, причем давление предпочтительно составляет самое большее 600 гПа, в частности 300 гПа.

Однако также возможно, что сушка проводится при температуре более 80°. При

этом могут образовываться соединения фтора, такие как фтороводород. Однако за счет предварительного вымывания проводящей соли количество образующегося при этом фтороводорода снижается.

Установка для переработки аккумуляторов по изобретению предпочтительно содержит систему регенерации промывочного растворителя для отделения промывочного растворителя от промывочной жидкости и возврата промывочного растворителя в промывочное устройство. Система регенерации промывочного растворителя включает, например, устройство перегонки.

Предпочтительно, установка для переработки аккумуляторов имеет сушилку, расположенную за или перед промывочным устройством в направлении потока материала, которая предназначена для сушки высушенного измельченного материала. В частности, сушилка расположена непосредственно за или перед промывочным устройством, а это означает, что сушилка соединена непосредственно с промывочным устройством. Это соединение предпочтительно является пыленепроницаемым, в частности газонепроницаемым.

Согласно предпочтительному варианту осуществления установка для переработки аккумуляторов имеет устройство отделения для отделения тяжелого материала и/или фольг, в частности пластиковых и/или металлических фольг, от измельченного материала, в результате чего получается черная масса. Это устройство отделения может быть расположено в направлении потока материала перед промывочным устройством или за промывочным устройством. Также возможно, чтобы установка для переработки аккумуляторов имела два устройства отделения, одно из которых расположено перед промывочным устройством в направлении потока материала, а другое – за промывочным устройством.

Возможно, но не обязательно, чтобы устройство отделения составляло часть промывочного устройства или имело общий корпус с промывочным устройством. Однако, предпочтительно, устройство отделения расположено отдельно от промывочного устройства.

Предпочтительно, установка для переработки аккумуляторов имеет установку мокрой химической обработки для мокрого химического извлечения по меньшей мере одного металлического компонента из промытой черной массы. Установка мокрой химической обработки предпочтительно имеет по меньшей мере один реактор, предназначенный для обработки промытой черной массы минеральной кислотой, в частности концентрированной серной кислотой. Для этого в реакторе имеется линия подачи серной кислоты и емкость для серной кислоты, предпочтительно заполненная серной кислотой.

Предпочтительно, установка обработки имеет систему очистки отходящих газов для очистки отходящих газов, образующихся при обработке промытой черной массы концентрированной серной кислотой. Система очистки отходящих газов имеет, например, устройство осаждения фтороводорода для осаждения фтороводорода. Например, для этой

цели можно использовать жидкость, содержащую ионы кальция.

Установка для переработки аккумуляторов предпочтительно выполнена взрывозащищенной. Если, как это предусмотрено согласно предпочтительному варианту осуществления, используется растворитель, имеющий температуру воспламенения ниже 250°C, без принятия защитных мер может возникнуть опасность взрыва. В частности, предпочтительно, чтобы трубопроводы, отходящие от устройства 22 промывки, были выполнены взрывозащищенными. Особенно предпочтительно, чтобы все трубопроводы на пути потока материала между установкой измельчения аккумуляторов и сушилкой были спроектированы взрывозащищенными.

Далее изобретение поясняется более подробно со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых показано:

Фигура 1 – схематичный вид установки для переработки аккумуляторов по изобретению для выполнения способа по изобретению согласно первому варианту осуществления,

Фигура 2 – схематичный вид установки для переработки аккумуляторов по изобретению для выполнения способа по изобретению согласно второму варианту осуществления,

Фигура 3 – схематичный вид установки для переработки аккумуляторов по изобретению для выполнения способа по изобретению согласно третьему варианту осуществления,

Фигура 4 – схематичный вид установки для переработки аккумуляторов по изобретению для выполнения способа по изобретению согласно четвертому варианту осуществления,

Фигура 5 – схематичный вид установки для переработки аккумуляторов по изобретению для выполнения способа по изобретению согласно пятому варианту осуществления,

Фигура 6 – схематичный вид установки для переработки аккумуляторов по изобретению для выполнения способа по изобретению согласно шестому варианту осуществления, и

Фигура 7 – схематичный вид установки для переработки аккумуляторов по изобретению для выполнения способа по изобретению согласно седьмому варианту осуществления.

На фигуре 1 показана установка 8 для переработки аккумуляторов, предназначенная для переработки аккумуляторов 10.1, 10.2, Аккумуляторы могут быть, например, в виде аккумуляторных батарей, каждая из которых содержит большое количество гальванических элементов (ячеек) и контроллер зарядки.

На станции 12 разрядки аккумуляторы сначала глубоко разряжают. Напряжение между электродами аккумуляторов затем составляет, например, менее 0,1 В.

После глубокой разрядки аккумуляторы 10,1, 10,2, ... замыкают накоротко при помощи металлической проволоки, предпочтительно медной. Медная проволока имеет

сопротивление, например, 1 Ом. Время короткого замыкания T_k , в течение которого происходит замыкание накоротко аккумуляторов 10,1, 10,2, ..., составляет в данном случае $T_k = 20$ часов. В результате напряжение регенерации ячейки U_{reg} составляет $U_{reg} = 0,2$ В.

После разрядки отдельные аккумуляторные ячейки извлекают из аккумуляторной батареи на необязательной станции 14 разборки.

Установка 8 для переработки аккумуляторов имеет установку 16 измельчения аккумуляторов для измельчения аккумуляторов 10.1, 10.2, ... с получением измельченного материала 18. Установка 16 измельчения аккумуляторов предназначена, например, для резки, разбивания или размола аккумуляторов 10.1, 10.2,

За установкой 16 измельчения аккумуляторов в направлении потока материала может быть расположено необязательное устройство 20 отделения (поэтому оно показано пунктирными линиями, как и все необязательные компоненты). С помощью устройства 20 отделения измельченный материал 18 разделяется на черную массу 58 и остаточную фракцию. Остаточная фракция содержит детали корпуса, обычно измельченные пластиковые детали, а также металлические детали, например, соединительные электроды, а также фольги, например части сепараторной фольги или проводящей фольги. В случае литиевых аккумуляторов черная масса 58 содержит графит, внедренные в графит вещества, такие как, например, соли металлов, растворитель проводящей соли и проводящую соль. Если имеется устройство 20 отделения, то оно предпочтительно соединено с установкой 16 измельчения аккумуляторов через пыленепроницаемый, в частности, воздухонепроницаемый трубопровод.

В направлении потока материала за установкой 16 измельчения аккумуляторов и, если оно имеется, за устройством 20 отделения, расположено промывочное устройство 22. Промывочное устройство 22 также может называться промывателем. В промывочном устройстве 22 измельченный материал смешивается с промывочным растворителем 24. Предпочтительно, но не обязательно, чтобы промывочное устройство 22 имело смеситель, например мешалку, или установленный с возможностью вращения барабан.

При контакте с измельченным материалом 18 промывочный растворитель 24 становится промывочной жидкостью 26. Промывочная жидкость 26 содержит проводящую соль и регенерируется с помощью необязательно предусмотренной системы 28 регенерации промывочного растворителя и снова подается в промывочное устройство 22.

Если имеется устройство 20 отделения, то также необязательно может присутствовать фольговый отделитель 31, с помощью которого металлические фольги 61 отделяются от остаточной фракции. Полученные таким образом металлические фольги 61 также могут подаваться в промывочное устройство 22.

За промывочным устройством 22 в направлении потока материала расположена сушилка 30 для сушки промытого измельченного материала, в частности промытой черной массы 58. Сушилка 30 отделена от промывочного устройства 22 шлюзом 32.1. Компоненты, не отделенные фольговым отделителем 31, сушатся в сушилке 30 или

другой сушилке. Если не отделенные фольговым отделителем 31 компоненты сушатся в сушилке 30, предпочтительно, чтобы это происходило в другое время, чем для черной массы 58.

Между установкой 16 измельчения аккумуляторов и промывочным устройством 22 также может быть установлен шлюз 32.2. Если имеется устройство 20 отделения, то между устройством 20 отделения и промывочным устройством 22 также может быть установлен шлюз 32.3.

Сушилка 30 необязательно имеет смеситель 34, который может представлять собой, например, стержневой смеситель. Смеситель 34, в частности перемешивающий элемент смесителя, можно охлаждать или нагревать.

Давление p_{30} в сушилке 30 предпочтительно составляет $p_{30} \leq 700$ гПа, в частности $p_{30} \leq 600$ гПа. Температура T_{30} в сушилке предпочтительно составляет самое большее 70°C , в частности самое большее 50°C .

При отсутствии устройства 20 отделения высушенный измельченный материал можно разделить в необязательном устройстве 36 отделения, расположенном за сушилкой 30 в направлении потока материала, на черную массу, с одной стороны, и остаточную фракцию. Остаточная фракция состоит, например, из тяжелого материала и металлических фольг. Как правило, установка 8 для переработки аккумуляторов имеет только одно устройство 20, 36 отделения.

Если имеется устройство отделения и металлическая фольга подается в промывочное устройство 22, то высушенный измельченный материал может быть разделен в необязательном устройстве 36 отделения на черную массу, с одной стороны, и очищенные металлические фольги.

Высушенный измельченный материал, в частности высушенная черная масса 58, либо загружается в транспортный контейнер 38, либо подается в установку 40 мокрой химической обработки. В установке 40 обработки металлические компоненты черной массы 58 (в виде солей металлов) переводятся в раствор. Для этого черную массу смешивают, например, с минеральной кислотой, в частности с концентрированной серной кислотой, и, в частности, выщелачивают водой. Образующийся при этом отходящий газ 42 подается в систему 44 очистки отходящих газов. Например, фтороводород из него удаляют, например, осаждают.

Система 28 регенерации промывочного растворителя включает, например, дистилляционную колонну. Сначала промывочную жидкость 26 переводят в газообразное состояние, например, с помощью нагревателя 46 или путем приложения сниженного давления с помощью вакуумного насоса 48. Полученные тем самым газообразные компоненты подвергают фракционной конденсации.

Фракция, температура кипения которой соответствует температуре кипения промывочного растворителя 24, возвращается в промывочное устройство 22.

Высококипящие компоненты 50 (т.е. с более высокой температурой кипения) и низкокипящие компоненты 52 (т.е. с более низкой температурой кипения) подвергаются

дальнейшей обработке, например, повторной перегонке. Это позволяет повторно использовать компоненты электролита аккумуляторов 10. Неконденсированные компоненты 54, состоящие преимущественно из воздуха, очищаются в системе 56 очистки отходящих газов и затем выбрасываются в окружающую среду. Компоненты 50 с более высокой температурой кипения представляют собой те компоненты, температура кипения которых выше максимальной температуры кипения промывочного растворителя.

Однако, система 28 регенерации промывочного растворителя не является абсолютно необходимой. Альтернативно, можно подавать промывочный растворитель 24 из контейнера для хранения в промывочное устройство 22, а также направлять промывочную жидкость 26 в контейнер для хранения. Любая обработка промывочной жидкости 26 может затем происходить в пространственно отдаленной системе 20 регенерации промывочного растворителя.

На фигуре 2 показан альтернативный вариант установки 8 для переработки аккумуляторов по изобретению. Промывочное устройство 22 расположено непосредственно за установкой 16 измельчения аккумуляторов в направлении потока материала. Под этим подразумевается, что за установкой 16 измельчения аккумуляторов и перед промывочным устройством 22 в направлении потока материала никакой соответствующей обработки измельченного материала 18 не происходит. Измельченный материал 18 подается в промывочное устройство 22 посредством пыленепроницаемого, в частности газонепроницаемого и/или взрывозащищенного трубопровода и через дополнительный шлюз 32.2.

После промывки измельченного материала 18 черная масса 58 отделяется от промытого измельченного материала в устройстве 20 отделения и поступает в сушилку 30 также по пыленепроницаемому, в частности газонепроницаемому и/или взрывозащищенному трубопроводу. Помимо черной массы 58 содержатся тяжелый материал и фольги. Тяжелый материал и фольги можно сушить в другой сушилке или, если сушилка 30 работает с перерывами, то в сушилке 30.

Целесообразно, если металлические фольги 61 отделяются от тяжелого материала и фольг в необязательном фольговом отделителе 31. Металлические фольги 61 можно сушить в сушилке 30 или другой сушилке. Если металлические фольги 61 сушат в сушилке 30, то это можно делать вместе с черной массой 58 или в другое время.

Давление p_{30} в расположенной после промывочного устройства 22 в направлении потока материала сушилке 30 предпочтительно составляет, что является преимущественным признаком независимо от иначе описанных в связи с фигурой признаков, менее половины давления паров промывочного растворителя 24 при 60°C, в частности при 50°C. Высушенная черная масса 58 может быть либо загружена в транспортный контейнер 38, либо подана непосредственно в установку 40 мокрой химической обработки.

На фигуре 3 показан третий вариант установки 8 для переработки аккумуляторов по изобретению. Сразу за установкой 16 измельчения аккумуляторов опять расположено

промывочное устройство 22. Промытый измельченный материал поступает в сушилку 30. В дополнительном устройстве 36 отделения, расположенном сразу за сушилкой 30, черная масса 58 отделяется от высушенного измельченного материала. Отделенную от черной массы 58 фракцию обрабатывают, как описано выше для фигуры 2.

На фигуре 4 показан четвертый вариант установки 8 для переработки аккумуляторов по изобретению, в котором измельченный материал 18, поступающий из установки 16 измельчения аккумуляторов, подается непосредственно в сушилку 30.

После сушки черную массу 58 отделяют в устройстве 36 отделения и промывают в промывочном устройстве 22. Промытую черную массу сушат во второй сушилке 60.

Целесообразно, если металлические фольги 61 отделяются в устройстве 36 отделения и также вводятся в промывочное устройство 22. Металлические фольги 61 и черную массу 58 можно промывать вместе или друг за другом. Также альтернативно, металлические фольги 61 можно промывать в отдельном промывочном устройстве. Если металлические фольги 61 и черную массу 58 промывают совместно, их предпочтительно затем отделить друг от друга.

Если металлические фольги 61 промывают отдельно от черной массы, установка 8 для переработки аккумуляторов предпочтительно имеет отделитель, который удаляет прилипшую к металлической фольге 61 черную массу 58'.

Если металлическую фольгу 61 и черную массу 58 промывают вместе и сушат в сушилке 60, установка 8 для переработки аккумуляторов предпочтительно имеет устройство отделения для разделения металлической фольги 61 и черной массы 58, а также отделитель, который удаляет прилипшую к металлической фольге 61 черную массу 58'.

Согласно предпочтительному варианту осуществления можно промывать тяжелый материал и/или пластиковые фольги также в промывочном устройстве 22 или другом промывочном устройстве. Тяжелый материал и/или фольги можно сушить в сушилке 60 и/или отдельной сушилке.

Конечное давление $p_{30,end}$ в сушилке 30, т.е. давление в конце процесса сушки, предпочтительно составляет $p_{30} \leq 300$ гПа, в частности $p_{30} \leq 50$ гПа. Температура T_{30} в сушилке предпочтительно составляет самое большее 60°C , в частности самое большее 50°C .

На фигуре 5 показан пятый вариант установки 8 для переработки аккумуляторов по изобретению, в котором устройство 20 отделения расположено непосредственно за промывочным устройством 22 в направлении потока материала. Отделенный тяжелый материал и фольги сушат в сушилке 60 в разное время по сравнению с черной массой 58. Альтернативно, устройство 20 отделения также может быть расположено за второй сушилкой 60 в направлении потока материала.

На фигуре 6 показан другой вариант установки 8 для переработки аккумуляторов по изобретению, в котором после промывочного устройства 22 устройство 20 отделения отделяет черную массу 58, с одной стороны, и остаточную фракцию, которая содержит

тяжелый материал и фольги, с другой стороны. По направлению потока материала за устройством 20 отделения расположен фольговый отделитель 31, который извлекает металлические фольги и подает их в отдельную сушилку 62. Прилипшая к металлической фольге черная масса 58 часто содержит больше кобальта, чем неприлипшая черная масса 58. В качестве альтернативы отдельной сушилке 62 металлическую фольгу можно также сушить в сушилке 60. За сушилкой 60 в направлении потока материала расположен сепаратор 64, например воздушное сито, для отделения черной массы от высушенных металлических фольг.

На фигуре 7 схематически показан еще один вариант установки 8 для переработки аккумуляторов по изобретению, в которой в качестве промывочного растворителя 24 используется сверхкритический диоксид углерода. Его можно рассматривать и как жидкость, и как газ. Промывочной растворитель отводится по напорной линии 66 и испаряется в испарителе 68. Газообразный диоксид углерода переводится в сверхкритическое состояние насосом 70 высокого давления и возвращается в промывочное устройство 22.

Список обозначений

- 8 установка для переработки аккумуляторов
- 10 аккумуляторы
- 12 станция разрядки
- 14 станция разборки
- 16 установка измельчения аккумуляторов
- 18 измельченный материал
- 20 устройство отделения
- 22 промывочное устройство
- 24 промывочный растворитель
- 26 промывочная жидкость
- 28 система регенерации промывочного растворителя
- 30 сушилка
- 31 фольговый отделитель
- 32 шлюз
- 34 смеситель
- 36 устройство отделения
- 38 транспортный контейнер
- 40 установка мокрой химической обработки
- 42 отходящий газ
- 44 система очистки отходящих газов
- 46 нагрев
- 48 вакуумный насос
- 50 высококипящие компоненты
- 52 низкокипящие компонентов

54 неконденсированные компоненты
56 система очистка отходящих газов
58 черная месса
60 сушилка
62 сушилка
64 сепаратор
66 напорная линия
68 испаритель
70 насос высокого давления
 T_k время короткого замыкания
 U_{reg} напряжение регенерации ячейки

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ переработки аккумуляторов, в частности литиевых аккумуляторов и/или натриевых аккумуляторов, которые состоят соответственно из по меньшей мере одного гальванического элемента, который имеет соответственно два полюса, и содержат проводящую соль, растворенную в растворителе проводящей соли, со стадиями

(а) замыкания накоротко аккумуляторов до тех пор, пока по меньшей мере 75% гальванических элементов не будут иметь напряжение регенерации ячейки не более 0,3 В, в частности не более 0,2 В, и

(b) затем измельчения аккумуляторов, в результате чего получают измельченный материал.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что замыкание накоротко

(а) выполняют металлическим проводником и/или

(b) таким образом, что при замыкании накоротко электрическое сопротивление между отрицательным полюсом аккумулятора и положительным полюсом аккумулятора составляет не более 1 Ом, в частности не более 0,3 Ом.

3. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся стадиями

(а) сушки измельченного материала при температуре не более 80°C и давлении не более 300 гПа, в результате чего получают высушенный измельченный материал, и

(b) затем вымывания проводящей соли из высушенного измельченного материала промывочным растворителем, в результате чего получают промытый измельченный материал.

4. Способ по пункту 3, отличающийся стадиями:

(а) перед вымыванием проводящей соли, в частности после сушки, отделения черной массы и

(b) вымывания проводящей соли из черной массы.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что при измельчении аккумуляторы являются короткозамкнутыми.

6. Способ переработки аккумуляторов, в частности литиевых аккумуляторов и/или натриевых аккумуляторов, которые содержат проводящую соль, растворенную в растворителе проводящей соли, со стадиями:

(а) измельчения аккумуляторов, в результате чего получают измельченный материал, и

(b) вымывания проводящей соли из измельченного материала промывочным растворителем, в результате чего получают промытый измельченный материал.

7. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что

(а) проводящая соль является соединением фтора и/или

(b) является соединением лития.

8. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся стадиями:

(а) выделения промывочного растворителя из промывочной жидкости, которая образуется в результате вымывания проводящей соли промывочным растворителем из

измельченного материала, в частности, путем перегонки, в результате чего получают регенерированный промывочной растворитель, и

(b) повторного использования регенерированного промывочного растворителя для вымывания проводящей соли.

9. Способ по пункту 8, отличающийся стадией:

выделения проводящей соли из промывочного растворителя, в частности, перегонкой.

10. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся стадией мокрого химического извлечения по меньшей мере одного металлического компонента из промытого измельченного материала.

11. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что

(a) растворитель проводящей соли имеет максимальную температуру кипения, при этом максимальная температура кипения представляет собой такую температуру, что из 1 литра растворителя проводящей соли через 1 час при этой температуре при 1013 гПа испаряются по меньшей мере 99 массовых процентов, и

(b) промывочной растворитель имеет максимальную температуру кипения, которая составляет менее половины максимальной температуры кипения растворителя проводящей соли.

12. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что промывочный растворитель представляет собой растворитель для ПВДФ.

13. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся стадиями

(a) сушки промытого измельченного материала, а затем

(b) отделения фольг, в частности металлических фольг, от промытого измельченного материала.

14. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся стадиями:

(a) после измельчения аккумуляторов, сушки измельченного материала, в результате чего получают высушенный измельченный материал,

(b) необязательное отделение

тяжелого материала и/или

фольг, в частности пластиковых фольг, от высушенного измельченного материала, в результате чего получают черную массу, и

(c) вымывание проводящей соли промывочным растворителем из высушенного измельченного материала, в частности в виде черной массы,

(d) сушки черной массы.

15. Установка для переработки аккумуляторов с

(a) установкой измельчения аккумуляторов для измельчения аккумуляторов с получением измельченного материала,

отличающаяся

(b) промывочным устройством для промывки измельченного материала промывочным растворителем с получением промывочной жидкости.

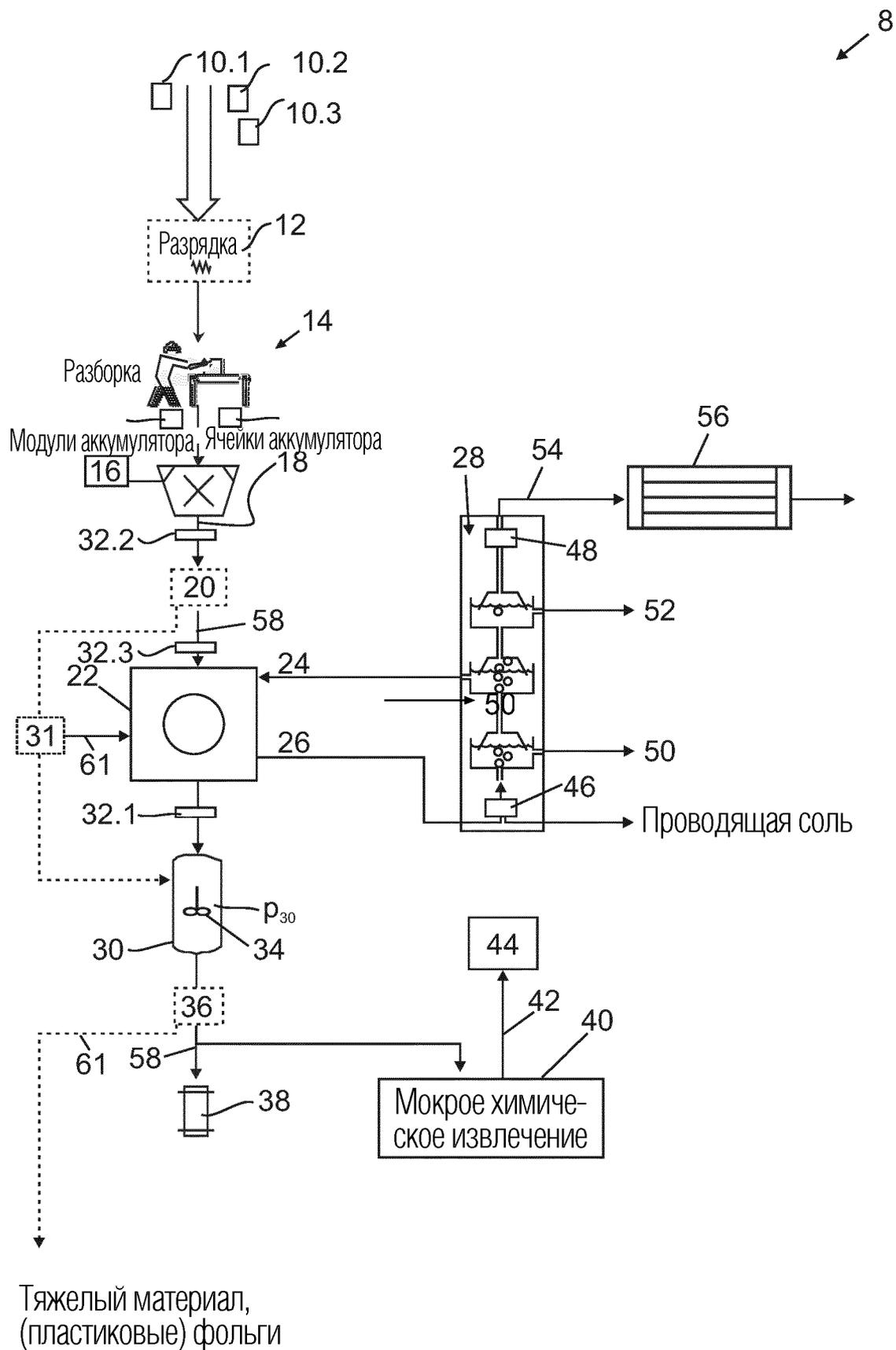
16. Установка для переработки аккумуляторов по пункту 15, отличающаяся системой регенерации промывочного растворителя для отделения промывочного растворителя от промывочной жидкости и возвращения промывочного растворителя в промывочное устройство.

17. Установка для переработки аккумуляторов по пункту 16, отличающаяся тем, что система регенерации промывочного растворителя содержит устройство перегонки.

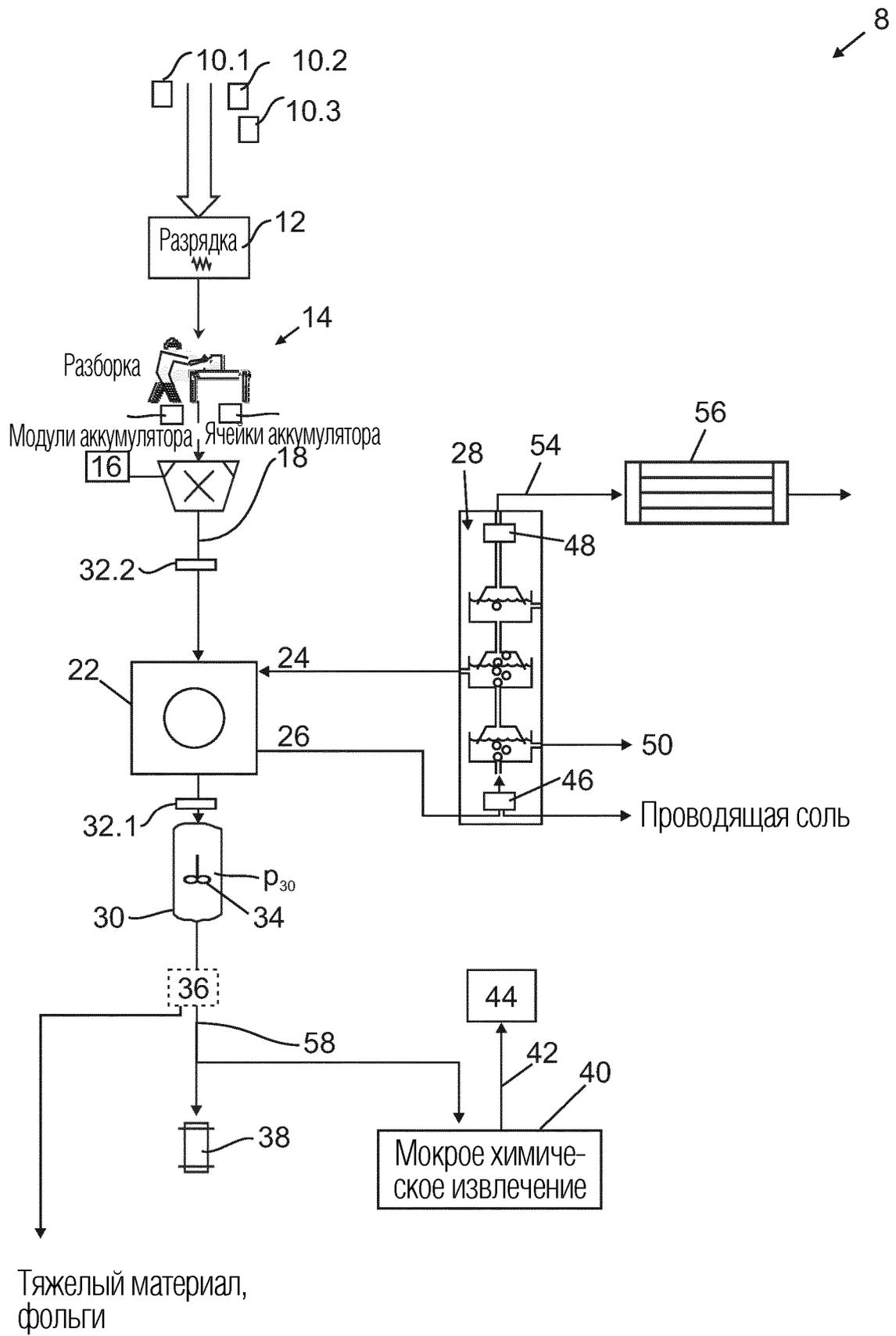
18. Установка для переработки аккумуляторов по любому из пунктов 15-17, отличающаяся по меньшей мере одной расположенной за и/или перед промывочным устройством в направлении потока материала сушилкой, которая выполнена с возможностью сушки высушенного измельченного материала.

19. Установка для переработки аккумуляторов по любому из пунктов 15-18, отличающаяся устройством отделения для отделения тяжелого материала и/или фольг, в частности металлических фольг и/или пластиковых фольг, от измельченного материала с получением черной массы.

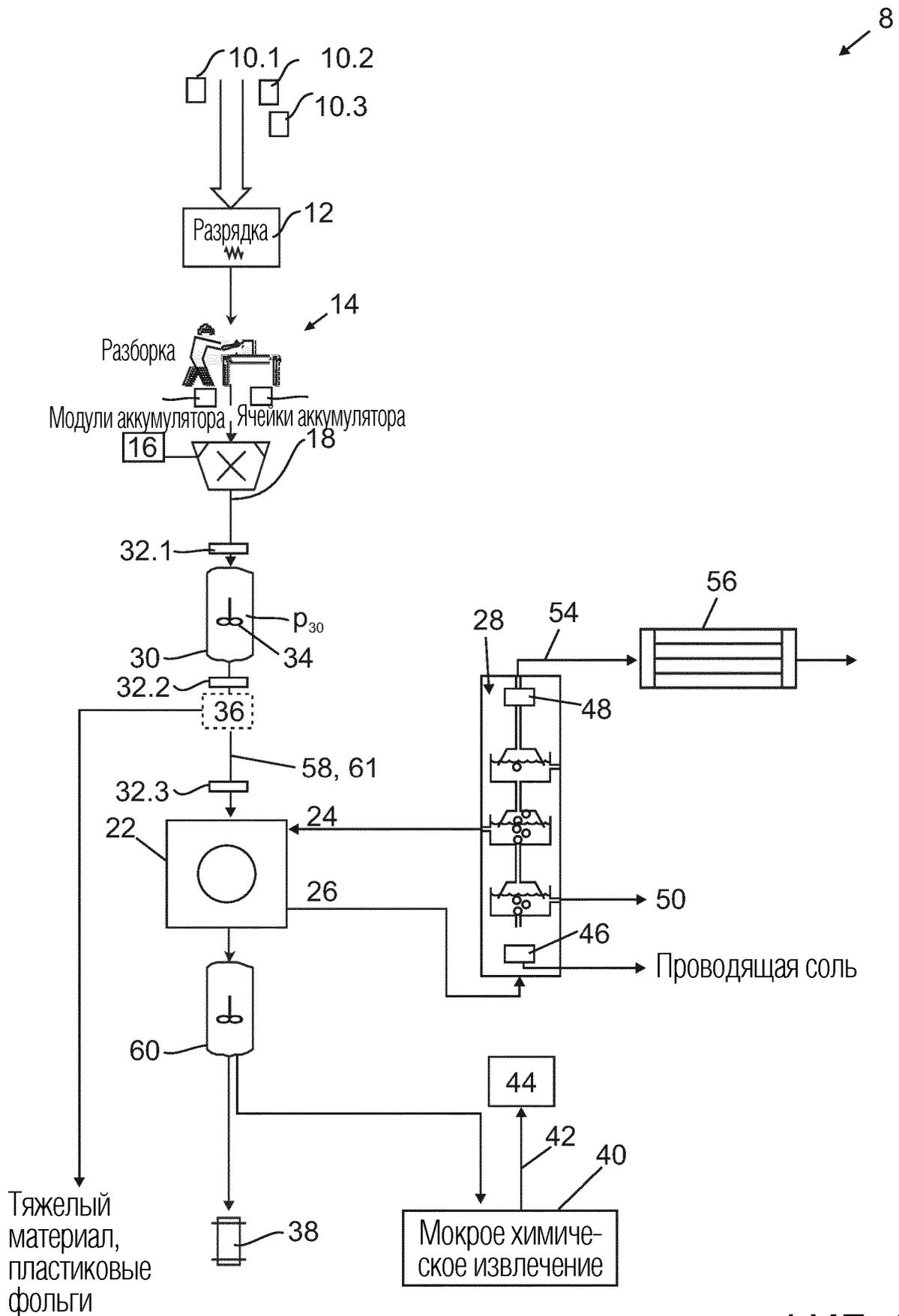
20. Установка для переработки аккумуляторов по любому из пунктов 15-19, отличающаяся установкой мокрой химической обработки для мокрого химического извлечения по меньшей мере одного металлического компонента из промытой черной массы.



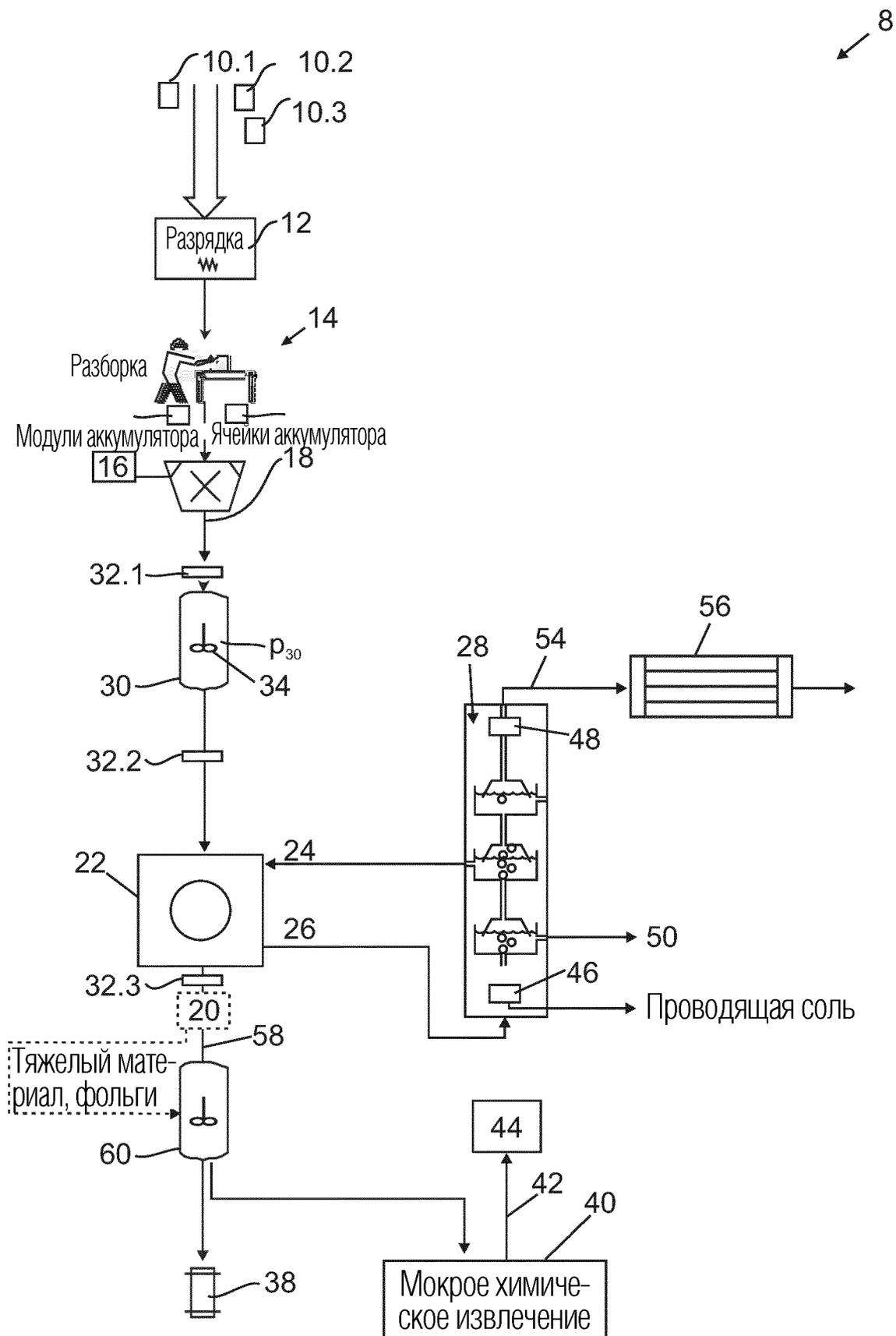
ФИГ. 1



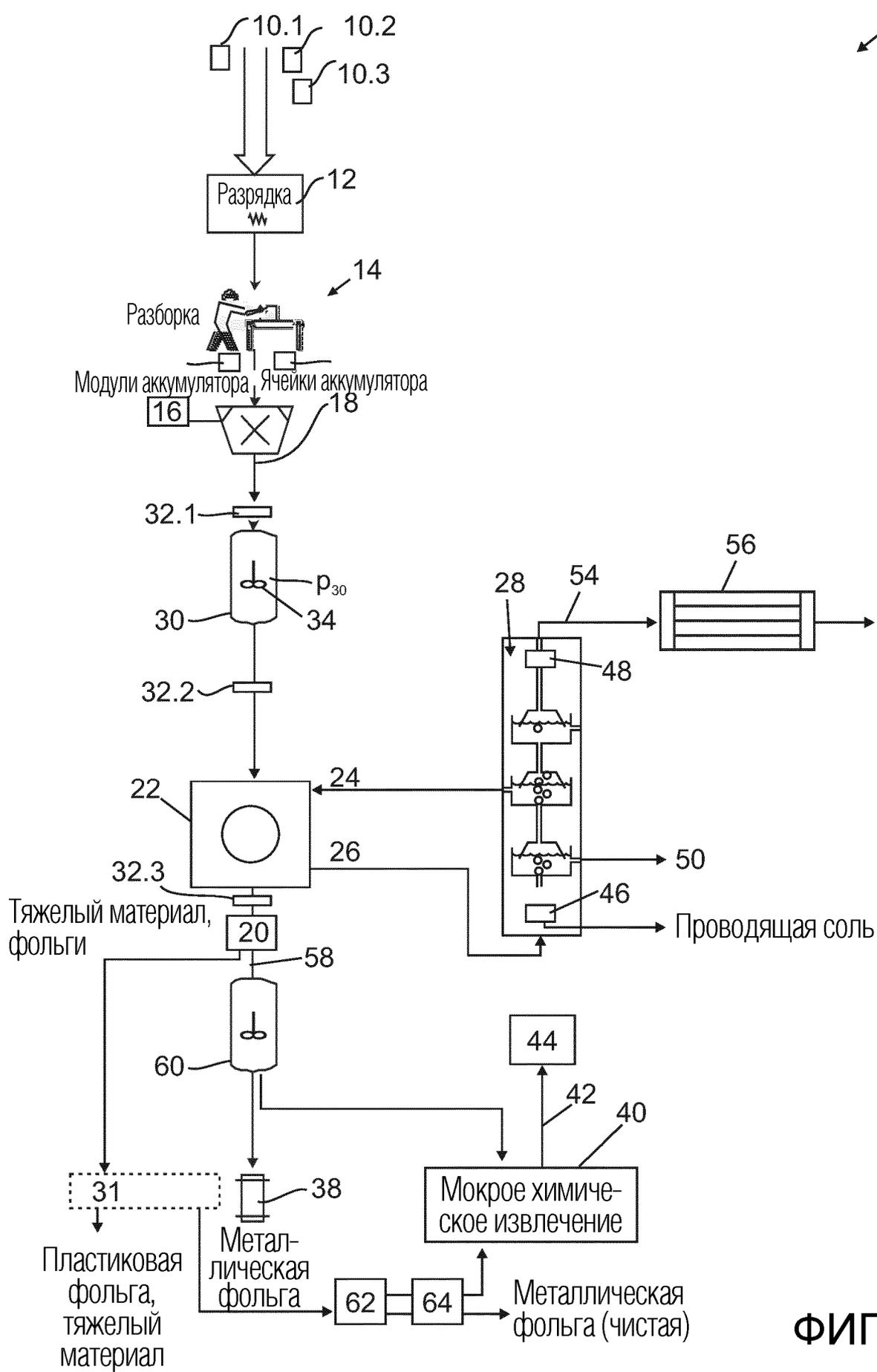
ФИГ. 3



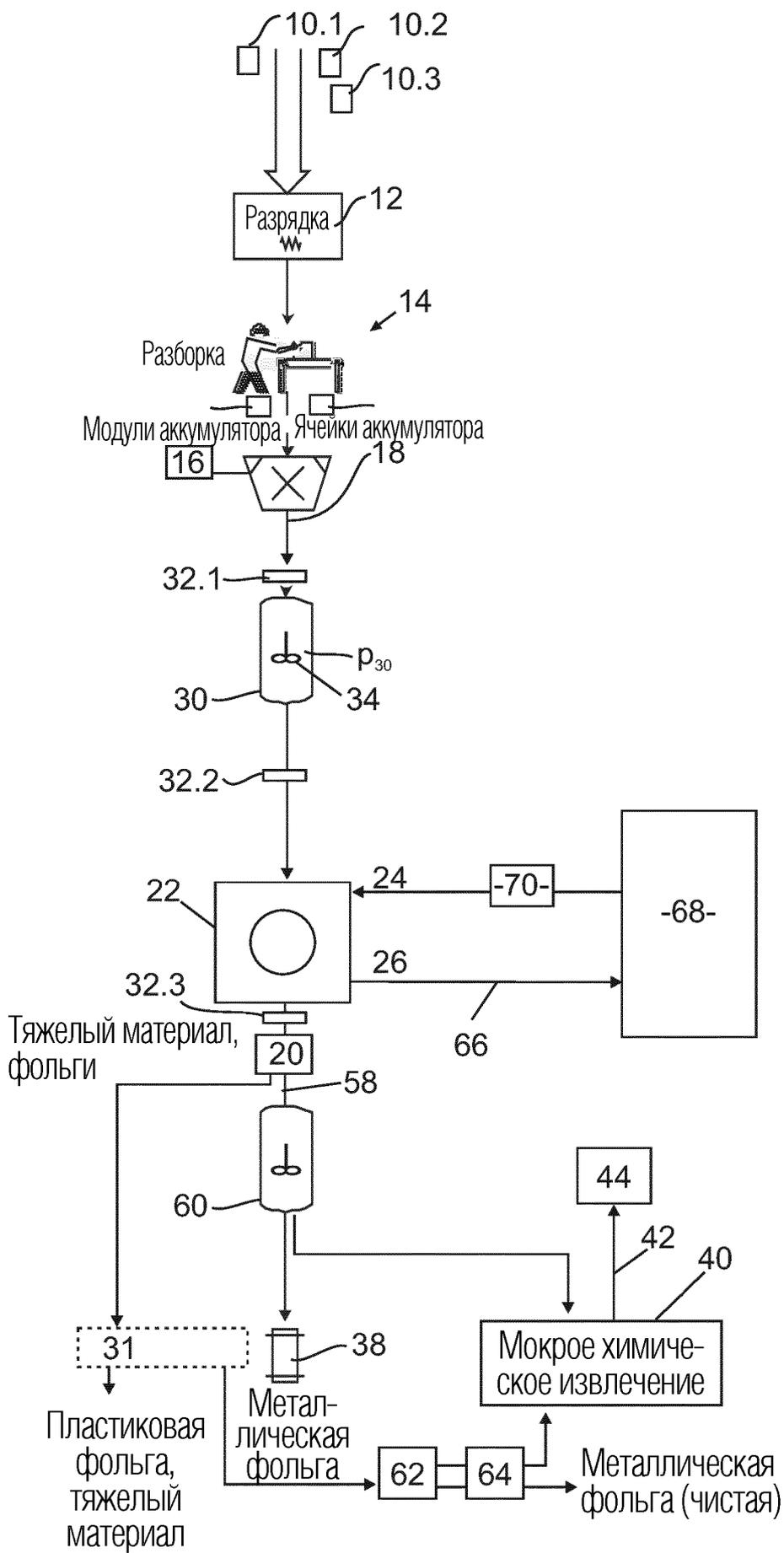
ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7