

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035731**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.07.31

(21) Номер заявки
201890192

(22) Дата подачи заявки
2016.06.30

(51) Int. Cl. **C25C 1/12** (2006.01)
C25C 7/02 (2006.01)
C25C 7/06 (2006.01)
C25D 21/12 (2006.01)

(54) **ЭЛЕКТРОДНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

(31) **102015000029661**

(32) **2015.07.01**

(33) **IT**

(43) **2018.06.29**

(86) **PCT/EP2016/065398**

(87) **WO 2017/001612 2017.01.05**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ИНДУСТРИЕ ДЕ НОРА С.П.А. (IT)

(72) Изобретатель:
Прадо Пуэо Феликс (ES)

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

(56) US-A1-2006213766
WO-A1-2014195572
WO-A1-2014131946
WO-A1-2011123896
WO-A1-2014202592
WO-A2-2015079072
WO-A1-2012020243
WO-A1-2014032084

(57) Изобретение относится к электродной конструкции, которая может регистрировать электрический ток и, необязательно, активировать сигналы тревоги в электролитических ячейках для электроосаждения цветных металлов, например для электровыделения металлов, в частности для электролитического получения меди и других цветных металлов из их ионных растворов. Кроме того, настоящее изобретение относится к системе сбора данных, применяемой в связи с упомянутой электродной конструкцией.

035731

B1

035731

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к системе регистрации и, необязательно, мониторинга тока в электролитических ячейках установок для электроочистки, гальваностегии или электровыделения цветных металлов.

Предпосылки изобретения

В установках электроосаждения, в частности, в установках для электроочистки, гальваностегии или электровыделения цветных металлов, объем производства и качество производимого металла зависят, среди прочих факторов, от плотности и распределения электрического тока в электродах каждой элементарной ячейки электролизера.

В частности, один из главных факторов, который может влиять на производительность и качество продукции, связан с возникновением нарушений в распределении электрического тока на электродах, вызванных состояниями избыточного тока или аномальных снижений тока. Например, в установках для электровыделения металлов катоды каждой элементарной ячейки необходимо периодически извлекать из их посадочных мест для выполнения операций съема металла. Такие частые перемещения могут привести к ненадлежащим электрическим контактам после повторной установки этих электродов в их посадочные места, что может вызвать нарушения в распределении подводимого к электродам тока и, как следствие, снижение качества продукции и производительности. Необходимо также учесть, что иногда осаждение металла на электроде происходит неравномерно, вызывая аномалии в распределении электрического тока. Пример такого явления можно наблюдать в случае электровыделения меди, когда нередко обнаруживают повышенное осаждение металла на нижней и/или боковой части катода. Другая ситуация, которая может привести к большим нарушениям в распределении тока, связана с ростом дендритных образований на электродах, как это, в частности, обнаружено в процессах электровыделения меди, кадмия или цинка. В случае, когда эти дендритные образования приходят в контакт с противостоящим электродом, они могут создать ситуации короткого электрического замыкания, которые могут существенно снизить производство металла за счет отвода подаваемого тока от других электродов электролизера, возможно вызывая непоправимое повреждение на электродах, включенных в короткозамкнутую цепь.

Для того, чтобы контролировать описанные выше ситуации неравномерного распределения тока, на установках для электроочистки, гальваностегии и электровыделения иногда применяют устройства контроля тока и аварийной сигнализации (сигнализации о нарушении подвода тока). Эти устройства обычно размещают на электродной конструкции (например, на штанге электродной подвески) или на соответствующей токоподводящей шине; в качестве альтернативного варианта, эти устройства можно располагать вблизи электрохимических ячеек путем подвешивания или размещения смежными с ними. В последнем случае точное и надежное выявление тока, протекающего через электрод, становится весьма сложным по той причине, что устройства одновременно достигают сигналы различного происхождения, причем анализ этих сигналов требует применения сложных математических моделей. Эта сложность имеет практический эффект, затрудняя достоверную регистрацию небольших изменений сигнала тока из-за нарушений в распределении тока.

С другой стороны, если устройство контроля тока и аварийной сигнализации расположено на катодной или анодной конструкции, то источник питания этого устройства имеет критические элементы, которые влияют на его практическое применение. Наличие проводов электропитания непосредственно на электродной конструкции весьма нежелательно из-за коррозионной среды, в которой они находятся, что может вызвать быстрое разрушение проводов (возможно даже возникновение участков открытого пламени с очевидными последствиями для безопасности технологической установки). Наличие проводов может также мешать операциям по съему металла или, в любом случае, препятствовать доступу к электродам и, следовательно, создает опасность или, по меньшей мере, неудобство для операторов технологической установки. Применение аккумуляторных батарей или других средств хранения энергии с ограниченным сроком службы преодолевает проблемы источника питания, вызванные наличием проводов, но не является удовлетворительным решением из-за последствий, связанных с техническим обслуживанием: операции по проверке и замене батарей устройства в установке для электровыделения с целью обеспечения правильной и надежной работы батарей должны производиться часто на большом количестве электродов и в неблагоприятных условиях окружающей среды, вызывая дискомфорт у персонала установки.

Таким образом, желательно предоставить решение вышеупомянутых проблем, например в виде электродных конструкций технологических установок для электроочистки, гальваностегии или электровыделения с устройством контроля электрического тока и аварийной сигнализации, которое требует мало операций технического обслуживания, имеет гарантированный срок службы в несколько лет и обеспечивает простую и надежную регистрацию сигнала электрического тока.

Следует также заметить, что в соответствии с рабочими параметрами технологической установки возникновение ситуаций избыточного тока или других нарушений распределения электрического тока часто связано с малыми изменениями сигнала, которые могут быть трудно отличимы от изменений, вызванных шумами в сигнале. Следовательно, желательно предоставить такую систему получения и обработки сигнала тока, чтобы ее надежность и эффективность были максимальными, с возможностью при-

менения в сочетании с устройствами контроля (мониторинга) электрического тока и аварийной сигнализации, способными на регистрацию сигнала тока непосредственно на электродной конструкции.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение относится к системе регистрации электрического тока, протекающего в электроде электролитической ячейки для электроочистки, гальваностегии или электровыделения цветных металлов, необязательно обладающей способностью по оповещению персонала технологической установки о ситуациях избыточного электрического тока или других нарушений в распределении тока. В частности, настоящее изобретение может обеспечить быстрое выявление электродов, подверженных какому-либо электрическому короткому замыканию, что может быть вызвано, например, ростом дендритов, неравномерностями в осаждение металла или возможными механическими нарушениями, которые могут привести аноды и катоды в непосредственный электрический контакт друг с другом.

Настоящее изобретение относится также к системе регистрации электрического тока, которая имеет ресурс источника питания, достаточный для обеспечения эксплуатации в течение нескольких лет без технического обслуживания, и которая может выдерживать воздействие коррозионной среды установок для электроочистки, гальваностегии или электровыделения цветных металлов.

Настоящее изобретение относится также к системе регистрации тока, обеспечивающей надежное считывание протекающего в электроде тока, выполненной таким образом, чтобы снизить вклады в регистрируемый (детектируемый) сигнал, исходящие от соседних электродов и/или от других средств электропитания.

Настоящее изобретение относится также к системе сбора данных для измерения электрического тока в установках для электровыделения цветных металлов, которая может точно выявлять малые изменения сигнала, связанные с возникновением ситуаций избыточного тока или нарушения в распределении тока, когда упомянутую систему применяют в сочетании с вышеуказанной системой регистрации тока.

Различные аспекты настоящего изобретения раскрыты в прилагаемой формуле изобретения.

В одном аспекте изобретение относится к анодной конструкции для электроосаждения металла, содержащей анод, штангу анодной подвески для удерживания анода и по меньшей мере одно встроенное беспроводное устройство, причем такое устройство содержит следующие элементы: средства беспроводной связи, по меньшей мере один датчик электрического тока для непосредственной или опосредованной регистрации тока, протекающего через упомянутую штангу анодной подвески, систему хранения электрической энергии и микроконтроллер (также известный как MCU). Это встроенное беспроводное устройство подвержено циклу периодического срабатывания, включающему режим ожидания и режим активации, при этом режим ожидания имеет общую длительность 90,000-99,998% от длительности каждого цикла периодического срабатывания.

Анод может быть изготовлен из любого материала и может иметь любую конструкцию, пригодную для электроочистки, электроосаждения или электровыделения цветных металлов; например анод может быть изготовлен из свинца или из вентильного металла, такого как титан. Анод может быть каталитически активирован и может быть сформирован из сплошных листов, решеток или сеток, со щелевыми, пористыми или перфорированными конструкциями.

Термин "встроенное беспроводное устройство" означает устройство регистрации электрического тока, которое не имеет никаких обнаженных внешних проводов для электропитания этого устройства, для связи с другими устройствами или для активации сигнала тревоги. Это устройство встроено в, прикреплено к, приклеено к или герметизировано на анодной конструкции, предпочтительно на штанге анодной подвески.

Термин "средства беспроводной связи" означает систему для передачи и, возможно, приема электромагнитных волн, таких как радиоволны или микроволны. С этой целью могут быть использованы стандарты беспроводной связи, такие как, например, Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, 3G или GSM.

Термин "система хранения электрической энергии" означает по меньшей мере одно устройство, например батарею или множество батарей, которое снабжает электроэнергией встроенное беспроводное устройство при отсутствии соединения с внешней системой электропитания. Эта система хранения электрической энергии питает все элементы встроенного устройства, которые требуют электропитания, такие как, например, микроконтроллер. Микроконтроллер является блоком, который управляет циклом периодического срабатывания в соответствии с изобретением. Этот цикл периодического срабатывания, в котором встроенное устройство в основном находится в режиме ожидания, может обладать преимуществом сохранения срока службы системы хранения электрической энергии, обеспечивая срок эксплуатации более одного года.

Термин "режим ожидания" означает режим с низким потреблением электроэнергии. В этом режиме ожидания потребление электроэнергии встроенным беспроводным устройством, в частности микроконтроллером, снижено до минимума, необходимого для питания: а) хронометра, который задает длительность периодов ожидания и срабатывания, и б) всех подсистем для хранения данных, содержащихся в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ), и для повторного включения в работу микроконтроллера после подаваемого хронометром сигнала выхода из режима ожидания.

Датчик электрического тока может быть, например, термодатчиком или датчиком Холла. Послед-

ний известен в технике в качестве датчика, способного обеспечить не прямое (опосредованное) измерение протекающего в анодной конструкции тока за счет измерения эффекта Холла, индуцированного под действием магнитного поля, созданного током, протекающим через штангу анодной подвески.

Измеренные на штанге анодной подвески температурные колебания дают дополнительное или альтернативное указание на возникновение нарушений в распределении электрического тока в элементарной электрохимической ячейке. Термодатчик можно выбрать из следующих устройств: терморезисторов, терморезисторов или других имеющихся в продаже встроенных электронных устройств, способных обеспечить сигналы напряжения, пропорциональные температуре. Однако специалисту в данной области техники будет понятно, что любой датчик температуры, пригодный для применения с указанной в настоящем описании целью, может быть использован без отклонения от объема изобретения.

В одном варианте осуществления анодная конструкция в соответствии с изобретением содержит штангу анодной подвески, имеющую форму велосипедного руля или, другими словами, образованную в вертикальной плоскости нижней горизонтальной главной частью и парой боковых верхних горизонтальных частей, соединенных с противоположными сторонами упомянутой горизонтальной главной части посредством двух наклонных промежуточных частей, причем встроенное беспроводное устройство расположено на верхней поверхности одной из двух наклонных промежуточных частей. Штанга анодной подвески в форме велосипедного руля может облегчать доступ к штангам катодной подвески при извлечении катодов из их посадочных мест для проведения операций съема металла.

Термин "горизонтальная", относящийся к описанным выше частям штанги анодной подвески, означает в целом горизонтальное геометрическое расположение в вертикальной плоскости. Это определение включает криволинейные тела с малым радиусом кривизны или тела, которые являются горизонтальными в пределах погрешности 20% или менее в вертикальном направлении.

Во всех случаях, когда встроенное беспроводное устройство содержит датчик Холла, это устройство может быть расположено таким образом, чтобы упомянутый датчик находился на верхней трети одной из двух наклонных промежуточных частей, причем обе эти наклонные промежуточные части образуют с вертикалью угол в 20-70°. Такое расположение датчика Холла, соответствующее приблизительно средней (в вертикальной плоскости) высоте штанги катодной подвески, может обеспечить преимущество снижения вкладов сигнала магнитного поля, исходящего от соседних электродов, особенно вклада сигнала, исходящего от штанги катодной подвески, расположенной напротив анодной конструкции по изобретению.

В другом варианте осуществления встроенное беспроводное устройство анодной конструкции по изобретению имеет цикл периодического срабатывания общей длительностью 1-15000 с. В течение каждого цикла периодического срабатывания микроконтроллер может активировать на заданные интервалы времени по меньшей мере один датчик электрического тока, такой как термодатчик или датчик Холла, который измеряет сигнал тока на штанге анодной подвески. Микроконтроллер может также активировать на заданные интервалы времени средства беспроводной связи, которые посылают данные, связанные с измерением электрического тока, выполненным датчиком или датчиками, на по меньшей мере одно средство приема. Число раз активации средств беспроводной связи может быть преимущественно выбрано равным или меньшим числа раз активации датчика электрического тока в течение каждого цикла для того, чтобы снизить потребление энергии из системы хранения электрической энергии. Средство приема может быть расположено вблизи электродов на расстоянии, которое составляет предпочтительно менее 100 м, или предпочтительно на расстоянии от 15 см до 20 м, или более предпочтительно 1-8 м, и может быть запрограммировано на сбор данных, отправленных анодной конструкцией по изобретению. Например, каждое средство приема может быть запрограммировано на сбор данных от по меньшей мере одной анодной конструкции, предпочтительно от 2-20 анодных конструкций, или даже более предпочтительно 2-10 анодных конструкций. Каждое средство приема может быть соединено с локальным компьютером, имеющим дополнительные средства связи. Данные, собранные средством приема, могут быть предварительно обработаны этими локальными компьютерами, а затем отправлены дополнительными средствами связи на центральный компьютер с помощью проводного или беспроводного средства. Такая двухступенчатая система связи (первая ступень - от анодной конструкции на локальный компьютер, а вторая ступень - от каждого локального компьютера на центральный компьютер) может обеспечить преимущество упрощения операций обработки сигнала за счет уменьшения проходимого сигналами расстояния, позволяя установить иерархию между различными сигналами, и, необязательно, предварительной обработкой этих сигналов, обеспечивая таким образом более эффективное и надежное управление данными. Центральный компьютер может затем выполнять дальнейшую обработку данных, принятых от локальных компьютеров, и предоставлять отчеты о работе технологической установки, отслеживать наличие нарушений в распределении тока и, при необходимости, активировать средства аварийной сигнализации. На мало- и среднегабаритных установках для электровыделения меди число обрабатываемых сигналов может легко превышать 1000, а обычно равно или более 5000. В этих случаях описанная выше двухступенчатая система связи может преимущественно применяться для организации потока данных от анодных конструкций эффективным и надежным образом.

В другом варианте осуществления длительность цикла периодического срабатывания составляет

300-6000 с, микроконтроллер активирует датчик или датчики электрического тока, например датчик Холла или термодатчик, от 1 до 10 раз в течение каждого цикла срабатывания, а каждый цикл срабатывания (активации) имеет длительность менее 15 мс, предпочтительно от 6 до 8 мс. Микроконтроллер может активировать средства беспроводной связи 1-3 раза в течение каждого цикла периодического срабатывания. Этот вариант осуществления может иметь преимущество сохранения нагрузки системы хранения электроэнергии на период до 10 лет.

В другом варианте осуществления анодная конструкция по изобретению дополнительно содержит средства визуальной сигнализации, такие как сигнальные лампы или светоизлучающие диоды (СИД), и/или средства акустической сигнализации. Эти средства сигнализации могут активироваться непосредственно микрокомпьютером встроенного беспроводного устройства или предпочтительно другими вычислительными устройствами, которые при приеме сигналов измеренного беспроводным устройством тока анализируют эти сигналы для оценки наличия нарушений в распределении тока. Такая оценка может быть выполнена, например, путем сравнения измеренного на анодной конструкции тока с заданным диапазоном номинальных значений. С целью повышения надежности сигнализации средства сигнализации могут быть активированы после заданного числа измерений, подтверждающих наличие нарушений в зарегистрированном сигнале. В качестве альтернативы, может быть выполнен статистический анализ сигналов тока, зарегистрированных в отдельной анодной конструкции или в заданном наборе анодных конструкций, с течением времени. Такой анализ может быть использован для мониторинга любых изменений во времени среднего значения тока анодной конструкции и/или относительной скорости этих изменений (используя функцию первой производной), за счет сравнения этих значений с диапазоном заданных значений, и/или для мониторинга этих изменений относительно значений, зарегистрированных на заданном числе смежных анодных конструкций, за счет сравнения этих значений одно с другим или с диапазоном заданных значений.

В дополнение или в качестве альтернативы к описанным выше аналитическим методам, к одной или более функциям электрического тока, зарегистрированного с течением времени (то есть среднего тока и/или стандартного отклонения от среднего) могут быть применены цифровые (дискретные) фильтры. Применение фильтров к функциям тока может способствовать повышению точности и надежности выявления фактических нарушений в распределении тока за счет снижения флуктуаций сигнала, вызванных изменениями в переходном процессе. С этой целью авторами настоящего изобретения успешно протестировано применение цифровых фильтров первого порядка, таких как фильтры скользящей средней, в частности экспоненциальные фильтры скользящей средней. Фильтрованную переменную можно сравнить с диапазоном допустимых значений и можно активировать сигнализацию в случае, если эта переменная выходит за пределы указанного диапазона.

Во всех описанных выше случаях встроенное беспроводное устройство может быть закрыто коррозионностойкими материалами, такими как, например, пластики или смолы, с целью предохранения его в течение времени. Использование термоусадочных пленок для закрывания и защиты компонентов встроенного беспроводного устройства может предоставить преимущество обеспечения, при необходимости, доступа к этим компонентам устройства. Термоусадочные пленки могут быть изготовлены из полимерных материалов, таких как полиолефин, способных противостоять коррозионной среде электрохимических установок. В качестве альтернативы, это встроенное устройство можно погрузить в матрицу из смолы или пластика, которая может обеспечить особенно длительную защиту.

В другом аспекте настоящее изобретение относится к встроенному беспроводному устройству, содержащему: i) микроконтроллер, ii) систему хранения электроэнергии, iii) по меньшей мере один датчик электрического тока для измерения тока (например, датчик Холла и/или термодатчик) и iv) средства беспроводной связи, причем упомянутое устройство запитывается от системы хранения электроэнергии и подвержено циклу периодического срабатывания, включающему режим ожидания и режим активации, при этом упомянутый режим ожидания имеет общую длительность 90,000-99,998% от длительности каждого цикла периодического срабатывания, и при этом длительность каждого упомянутого цикла может составлять 1-15000 с. В течение каждого цикла микроконтроллер активирует датчик электрического тока и средства беспроводной связи на заданные периоды времени. В некоторых случаях может быть желательно активировать датчик электрического тока чаще, чем средства беспроводной связи, поскольку последние имеют более высокое потребление электроэнергии, чем первый.

В другом аспекте настоящее изобретение относится к системе для сбора сигналов электрического тока в установке для электроосаждения металла, содержащей по меньшей мере один электролизер, оснащенный множеством элементарных электролитических ячеек, причем каждая из элементарных электролитических ячеек оснащена катодом и анодной конструкцией по изобретению, и по меньшей мере один компьютер, соединяемый беспроводной связью с по меньшей мере одной анодной конструкцией. Упомянутый по меньшей мере один компьютер может быть локальным компьютером, соединяемым беспроводной связью с 2-20 упомянутыми анодными конструкциями и способным принимать, обрабатывать и передавать информацию от каждого встроенного беспроводного устройства на центральный компьютер. Кроме того, эта система сбора данных может содержать по меньшей мере одно сигнальное устройство, выдающее визуальный и/или акустический сигнал, которое может быть активировано (приведено в

действие) с локального или центрального компьютера. Активация упомянутого по меньшей мере одного сигнального устройства центральным компьютером или локальным компьютером может иметь место в соответствии со следующими стадиями: i) получение и накопление центральным компьютером или локальным компьютером данных, отправленных каждой соединенной с локальным или центральным компьютером анодной конструкцией и содержащих по меньшей мере одну функцию сигнала электрического тока, ii) применение линейного фильтра к функции электрического тока, iii) активация сигнального устройства в случае, если отфильтрованная величина функции сигнала электрического тока находится вне заданного диапазона значений. Линейный фильтр может быть фильтром скользящего среднего, например, экспоненциальным фильтром скользящего среднего. Было замечено, что этот фильтр особенно подходит для анализа сигналов электрического тока, протекающего в анодной конструкции установки для электровыделения меди, особенно в случае перегрузки по току, вызванной ростом дендритов на противостоящем катоде.

Данные, отправленные каждой анодной конструкцией на компьютер, являются данными временно-го ряда, поскольку они являются результатом последовательных измерений, выполненных во временном интервале. Линейный фильтр может быть применен с целью исключения шума во временном изменении данных. С этой целью подлежащая фильтрации функция электрического тока может быть индексирована локальным или центральным компьютером как функция того цикла или момента времени, в котором зарегистрирован непосредственный или опосредованный сигнал электрического тока.

Термин "функция сигнала электрического тока" означает математическую функцию функции электрического тока, например, линейную функцию отклонения электрического тока анодной конструкции от среднего значения тока, причем среднее значение тока может быть определено как среднее значение тока набора анодных конструкций, анализируемых локальным и/или центральным компьютером. Это отклонение электрического тока может быть нормализовано по отношению к среднему значению тока и выражено в процентах.

Может быть целесообразно синхронизировать операции по съему металла с циклом срабатывания встроенного беспроводного устройства, чтобы полностью выполнять операцию по съему металла в период нахождения встроенного устройства в режиме ожидания. В этом случае можно снизить нагрузку на компьютер для мониторинга аномальных сигналов тока, когда катоды извлекают из их посадочных мест в ходе операций по съему металла.

Далее будут описаны некоторые типичные варианты осуществления изобретения со ссылкой на приложенные чертежи, единственная цель которых заключается в иллюстрации взаимного расположения различных элементов в указанных конкретных вариантах осуществления изобретения; в частности, эти чертежи не обязательно выполнены в масштабе.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой схематическое изображение анодной конструкции в соответствии с одним вариантом осуществления изобретения.

Фиг. 2 представляет собой схематическое изображение геометрических участков штанги анодной подвески анодной конструкции в соответствии с одним вариантом осуществления изобретения.

Подробное описание чертежей

На фиг. 1 показано схематическое изображение анодной конструкции (100), содержащей штангу (110) анодной подвески, которая механически поддерживает анод (120). Кроме того, штанга анодной подвески оснащена встроенным беспроводным устройством (130).

На фиг. 2 показано схематическое изображение геометрической структуры штанги (110) анодной подвески в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения. Штангу (110) анодной подвески можно схематически подразделить в вертикальной плоскости x на пять геометрических частей, а именно две верхних и практически горизонтальных боковых части (111) и (115), нижнюю горизонтальную главную часть (113) и две наклонных промежуточных части (112) и (114), которые соединяют нижнюю горизонтальную главную часть с боковыми частями (111) и (115) соответственно. Наклонная промежуточная часть (114) образует угол (050) с вертикалью. Этот угол обычно находится в диапазоне от 20 до 70°. Две верхние боковые части могут быть расположены над токонесущей шиной и/или балансировочной штангой, если она имеется, электролизера (не показан). Эта фигура схематически иллюстрирует встроенное беспроводное устройство (130), расположенное на верхней поверхности наклонной промежуточной части (112) и заходящее на нижнюю горизонтальную главную часть. Встроенное беспроводное устройство (130) включает в себе датчик Холла (131), расположенный в верхней трети наклонной промежуточной части.

Нижеследующий пример приведен для демонстрации частного варианта осуществления изобретения, применимость которого была ясно подтверждена в пределах заявленного диапазона значений. Специалист в данной области техники должен понимать, что составы и методы, описанные в следующем примере, представляют собой те составы и методы, которые авторы изобретения нашли удовлетворительно работающими на практике; однако специалист в данной области техники, в свете настоящего описания, должен понимать, что в конкретных раскрытых вариантах изобретения можно проделать различные изменения, все еще получая близкие или аналогичные результаты, без отклонения от объема изобретения.

Пример.

Программу ускоренного испытания осуществляли на промышленном электролизере для электровыделения меди, содержащем 64 элементарных ячейки, каждая из которых состояла из катода и анодной конструкции. Катод состоял из листа нержавеющей стали с площадью поверхности 1240×830 мм, а анод состоял из свинцового листа с равной площадью поверхности. Катод и анод были расположены вертикально, один напротив другого, на расстоянии 50 мм между внешними поверхностями. Штанга анодной подвески была изготовлена из меди и имела форму велосипедного руля, с поперечным сечением 24×43 мм, и была покрыта коррозионностойкой смолой.

Электролизер эксплуатировали с электролитом, содержащим 160 г/л H_2SO_4 и 50 г/л меди в виде Cu_2SO_4 , при напряжении питания 2,1 В, соответствующем номинальной плотности тока $400 A/m^2$, с выделением кислорода на аноде и осаждением меди на катоде.

Эти 64 анодных конструкции электролизера включали 6 смежных анодных конструкций, выполненных в соответствии с изобретением; каждая из этих 6-ти анодных конструкций содержала встроенное беспроводное устройство с размерами 25 мм × 14 мм × 190 мм, размещенное на штанге анодной подвески, как схематически показано на фиг. 2. Все встроенные устройства были покрыты термоусадочной пленкой полиолефина.

Каждое встроенное беспроводное устройство запитывалось от системы хранения электроэнергии, состоящей из двух последовательно соединенных литиевых аккумуляторных батарей, а именно батареи емкостью 190 мАч и батареи емкостью 90 мАч. Каждая батарея имела максимально допустимую температуру эксплуатации $85^\circ C$ и потерю заряда в режиме ожидания менее 1% в год.

Встроенные устройства содержали датчик Холла со следующими техническими характеристиками: линейная характеристика в зависимости напряженности магнитного поля в интервале температур от $-40^\circ C$ до $150^\circ C$, потребление энергии примерно 7 мА и время включения/выключения 50 мкс.

Каждое встроенное устройство содержало передатчик радиосигнала согласно стандарту ZigBee и микроконтроллер. Микроконтроллер обладал низким энергопотреблением. В частности, его энергопотребление варьировалось в зависимости от его состояния активации следующим образом: i) в режиме ожидания с включенным хронометром (1,6 мкА), ii) в рабочем режиме с выключенным радиопередатчиком (7 мА), iii) в рабочем режиме с включенным радиопередатчиком (20 мА).

Каждый микроконтроллер был связан производителем с MAC-адресом (Mean Access Control - средство управления доступом), который предоставлял уникальный идентификатор встроенному беспроводному устройству, содержащему микроконтроллер. В процессе установки встроенных устройств все MAC-адреса были привязаны к соответствующим анодным конструкциям, и эта привязка была затем записана на компьютере.

Этот компьютер был оснащен средством приема и введен в связь с 6-тью анодными конструкциями в соответствии с изобретением.

Каждые 1,5 мин каждый микроконтроллер активировал (включал) датчик Холла, выполнял измерение электрического тока и выключал датчик. Общая длительность состояния активации датчика составляла примерно 70 мкс за один цикл. Каждые 1,5 мин каждый микроконтроллер отправлял измерения электрического тока с датчика Холла на локальный компьютер с помощью передачи радиосигнала. Время, требуемое микроконтроллеру для отправления каждого пакета данных по радио, составляло примерно 4 мс.

На основании данных по электрическому току, полученных от компьютера, в каждом цикле к измерений рассчитывали по приведенному ниже уравнению среднее значение тока I_{AVG_k} 6-ти анодных конструкций в соответствии с изобретением

$$I_{AVG_k} = 1/N \sum_{j=1}^N I_{j,k};$$

где $I_{j,k}$ - значение тока в анодной конструкции j после k -го цикла измерений,

N - число анодных конструкций в соответствии с изобретением, равное 6.

Отклонение $DI_{j,k}$ анодного тока от среднего I_{AVG_k} , выраженное в процентах, рассчитывали как

$$DI_{j,k} = \frac{I_{j,k} - I_{AVG_k}}{I_{AVG_k}} \cdot 100;$$

Использовали экспоненциальный фильтр скользящего среднего, применяя следующий алгоритм к переменной $DI_{j,k}$, и нашли отфильтрованную переменную $FDI_{j,k}$ с помощью следующего алгоритма:

$$FDI_{j,k+1} = \alpha \cdot FDI_{j,k} + (1 - \alpha) \cdot DI_{j,k+1};$$

где $FDI_{j,1} = DI_{j,1}$.

Параметр $\alpha = \exp(-1/\tau)$ задали равным 0,99875 на основании наблюдений авторов изобретения того, что при средней продолжительности работы установки в 100 ч существенные нарушения тока обычно происходили в последние 20 ч. При цикле длительностью 1,5 мин константа τ времени, выраженная как число циклов, составляет $\tau = 800 = 20 \times 3600/90$.

Изменение $VDI_{j,k}$ в переходном режиме, выраженное как

$$VDI_{j,k} = DI_{j,k} - FDI_{j,k},$$

сравнили с заданной величиной $X=30$. Этот алгоритм задали для активации визуальной сигнализации на аноде j во всех случаях, при которых $VDI_{j,k} > X$.

Электролизер поддерживали в работе в течение 4 суток. Анализ значений записанных на компьютере сигналов электрического тока, поступающих от анодных конструкций по изобретению, показал отсутствие аномалий, а сигналов тревоги системой не активировано. Визуальное изучение элементов исследуемых ячеек не выявило наличия каких-либо дендритных образований или неоднородных наростов металла.

Осажденную на катодах медь собрали, при этом качество и количество продукции соответствовали ожиданиям.

Перед повторной установкой катодов в их посадочные места в один из катодов перпендикулярно одной из анодных конструкций по изобретению вставили винт, создав искусственный дендрит так, что плоский конец винта находился на расстоянии 4 мм от анода.

Затем электролизер включили в работу на 4 суток.

На третьи сутки работы на дендрите наблюдали боковой нарост меди, пока он не достиг поверхности анода.

После 20-минутного контакта на экране компьютера в отношении рассматриваемой анодной конструкции появилась индикация наличия избыточного тока, вызывающего свечение СИД на этой конструкции. Анализ данных, полученных в ходе эксперимента, показал, что на анодной конструкции, затронутой контактом с дендритом, был зарегистрирован прирост электрического тока на 60% в течение 92 мин.

Описанное выше ускоренное испытание может указывать на то, что встроенное беспроводное устройство имело срок службы около одного года. Специалист в данной области техники может понять, что ресурс источника питания этого встроенного устройства может быть увеличен более чем в 10 раз за счет увеличения длительности цикла периодического срабатывания (например, с 1,5 до 15 мин) и путем регулирования числа раз активации датчика тока и средств радиосвязи в течение каждого цикла.

Предыдущее описание не предназначено для ограничения изобретения, которое может быть использовано в соответствии с различными вариантами осуществления без отклонения от целей изобретения, а объем изобретения определяется исключительно прилагаемой формулой изобретения.

В описании и формуле изобретения данной заявки слово "содержать" и его вариации, такие как "содержащий" и "содержит", не исключают наличия других дополнительных элементов, компонентов или стадий процесса.

Обсуждение документов, актов, материалов, устройств, изделий и тому подобного включено в текст с единственной целью обеспечения контекста для настоящего изобретения; однако не следует считать, что этот материал или любая его часть представляют собой общеизвестные сведения в той области, к которой относится изобретение, до даты приоритета каждого из пункта формулы, прилагаемой к данной заявке.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Анодная конструкция для электроосаждения металла, содержащая анод, штангу анодной подвески, поддерживающую упомянутый анод, и по меньшей мере одно встроенное беспроводное устройство, причем упомянутое по меньшей мере одно встроенное беспроводное устройство содержит

средства беспроводной связи;

по меньшей мере один датчик электрического тока для непосредственной или опосредованной регистрации тока, протекающего через упомянутую штангу анодной подвески;

средство накопления энергии;

микроконтроллер;

при этом упомянутое по меньшей мере одно встроенное беспроводное устройство проявляет цикл периодического срабатывания, включающий режим ожидания и режим активации, причем режим ожидания имеет общую длительность, соответствующую 90,000-99,998% длительности каждого цикла периодического срабатывания и является режимом низкого энергопотребления,

при этом упомянутая штанга анодной подвески содержит нижнюю горизонтальную главную часть и пару концевых верхних горизонтальных частей, соединенных с противоположными сторонами упомянутой горизонтальной главной части посредством двух наклонных промежуточных частей, причем упомянутое по меньшей мере одно встроенное беспроводное устройство расположено на верхней поверхности одной из упомянутых наклонных промежуточных частей.

2. Анодная конструкция по п.1, при этом каждый цикл периодического срабатывания имеет длительность 1-15000 с.

3. Анодная конструкция по п.1, при этом упомянутый микроконтроллер выполнен с возможностью активировать упомянутый по меньшей мере один датчик электрического тока первое заданное число раз в течение упомянутого цикла срабатывания;

активировать упомянутые средства беспроводной связи второе заданное число раз в течение упомянутого цикла срабатывания;

при этом упомянутое второе заданное число равно или меньше, чем упомянутое первое заданное число, и при этом упомянутые средства беспроводной связи выполнены с возможностью посылать данные, собранные от упомянутого по меньшей мере одного датчика электрического тока, на по меньшей мере одно средство приема.

4. Анодная конструкция по п.3, при этом упомянутый цикл периодического срабатывания имеет длительность 300-6000 с, при этом упомянутый микроконтроллер выполнен с возможностью активировать упомянутый по меньшей мере один датчик электрического тока 1-10 раз в течение каждого цикла, а каждая активация упомянутого по меньшей мере одного датчика электрического тока имеет длительность менее 15 мс.

5. Анодная конструкция по п.4, при этом упомянутый микроконтроллер выполнен с возможностью активировать упомянутые средства беспроводной связи 1-3 раза в течение каждого цикла.

6. Анодная конструкция по любому из предшествующих пунктов, при этом упомянутый по меньшей мере один датчик электрического тока является датчиком Холла.

7. Анодная конструкция по любому из предшествующих пунктов, в которой упомянутый по меньшей мере один датчик электрического тока является термодатчиком.

8. Анодная конструкция по п.1, при этом упомянутые две наклонные промежуточные части образуют с вертикалью угол 20-70° и при этом упомянутый датчик Холла расположен в соответствии с верхней третьей одной из упомянутых наклонных промежуточных частей.

9. Анодная конструкция по любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая устройства визуальной или акустической сигнализации.

10. Анодная конструкция по любому из предшествующих пунктов, при этом упомянутое по меньшей мере одно встроенное беспроводное устройство закрыто коррозионностойкими материалами, выбранными из пластиков или смол.

11. Способ работы встроенного беспроводного устройства для регистрации электрического тока в анодной конструкции для электроосаждения металла по одному из пп.1-10,

при этом (i) упомянутое встроенное беспроводное устройство запитывается от упомянутого средства накопления энергии; (ii) упомянутое встроенное беспроводное устройство проявляет периодический цикл срабатывания, включающий режим ожидания и режим активации, причем режим ожидания имеет общую длительность, соответствующую 90,000-99,998% от длительности каждого периодического цикла, и является режимом низкого энергопотребления; (iii) упомянутый микроконтроллер активирует упомянутый по меньшей мере один датчик электрического тока первое заданное число раз в течение каждого цикла; (iv) упомянутый микроконтроллер активирует упомянутые средства беспроводной связи второе заданное число раз в течение каждого цикла и упомянутое второе заданное число равно или меньше упомянутого первого заданного числа.

12. Способ по п.11, при этом каждый упомянутый цикл периодического срабатывания имеет длительность 1-15000 с.

13. Способ по п.11, при этом упомянутый по меньшей мере один датчик электрического тока является датчиком Холла.

14. Установка электроосаждения металла, выполненная с возможностью сбора данных о электрическом токе, содержащая

по меньшей мере один электролизер, оснащенный множеством элементарных электролитических ячеек, причем каждая элементарная электролитическая ячейка оснащена одним катодом и одной анодной конструкцией по п.1;

по меньшей мере один компьютер;

при этом упомянутый по меньшей мере один компьютер находится в беспроводной связи с по меньшей мере одной упомянутой анодной конструкцией.

15. Установка электроосаждения металла по п.14, при этом упомянутый по меньшей мере один компьютер является локальным компьютером, находящимся в беспроводной связи с 2-20 упомянутыми анодными конструкциями, причем упомянутый локальный компьютер дополнительно содержит средства приема, обработки и передачи информации от каждого упомянутого встроенного беспроводного устройства на центральный компьютер.

16. Установка электроосаждения металла по п.15, дополнительно содержащая по меньшей мере одно сигнальное устройство, выдающее визуальный сигнал или акустический сигнал, или любую их комбинацию, причем упомянутое по меньшей мере одно сигнальное устройство активируется упомянутым центральным компьютером или упомянутым по меньшей мере одним локальным компьютером.

17. Установка электроосаждения металла по п.16, при этом упомянутый центральный компьютер или упомянутый по меньшей мере один локальный компьютер выполняет следующие стадии:

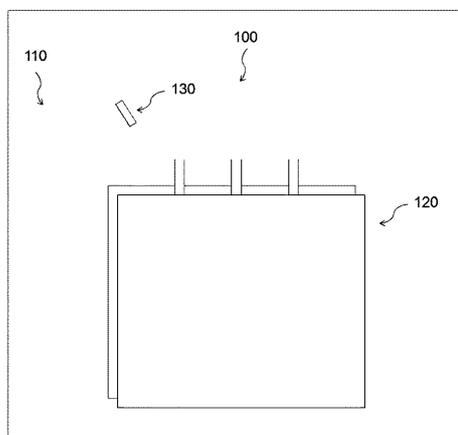
сбор и хранение данных от каждой упомянутой анодной конструкции, причем упомянутые данные содержат по меньшей мере одну функцию сигнала электрического тока, измеренного упомянутым по меньшей мере одним датчиком электрического тока;

фильтрацию упомянутой по меньшей мере одной функции сигнала электрического тока посредством линейного фильтра;

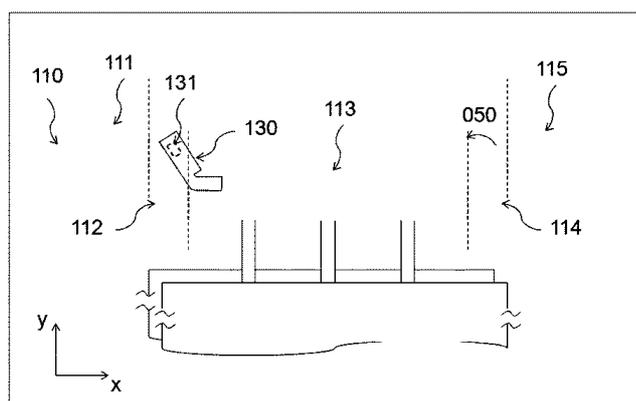
активацию упомянутого по меньшей мере одного сигнального устройства в случае, когда упомянутая отфильтрованная функция сигнала электрического тока находится вне предварительно заданного диапазона значений.

18. Установка электроосаждения металла по п.17, при этом упомянутый линейный фильтр является фильтром скользящего среднего.

19. Установка электроосаждения металла по п.18, при этом упомянутый фильтр скользящего среднего является экспоненциальным фильтром скользящего среднего.



Фиг. 1



Фиг. 2

