

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202490241 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.07.16

(51) Int. Cl. C25C 3/12 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.09.06

(54) КОРПУС ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

(31) 63/241,258

(72) Изобретатель:

(32) 2021.09.07

Шанта Чарльз, Принс Дэвид,
Микельсон Ларри (US)

(33) US

(86) PCT/CA2022/051333

(74) Представитель:

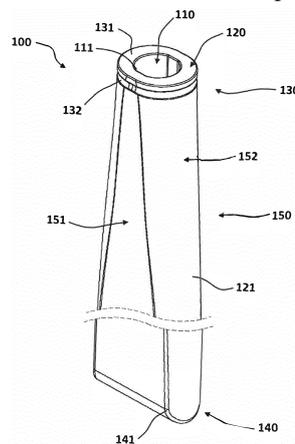
(87) WO 2023/035063 2023.03.16

Тагбергова М.М., Тагбергова А.Т.
(KZ)

(71) Заявитель:

ЭЛИСИС ЛИМИТЕД
ПАРТНЕРШИП (СА)

(57) В настоящем изобретении раскрывается корпус электрода для электролитического получения металла, содержащий первую часть, для функционального соединения корпуса электрода с электролизером; вторую часть, противоположную первой части; и среднюю часть, простирающуюся между первой и второй частями. Корпус электрода имеет сплошную наружную поверхность с закругленным переходом между второй и средней частями. Наружная поверхность средней части имеет две противоположные наружные плоские поверхности, обращенные к поверхностям соседних электродов, когда электрод погружен в электролитическую ванну электролизера, содержащего указанные соседние электроды. Предпочтительно, электрод представляет собой анод, а корпус анода имеет форму с отверстием и со сплошной наружной поверхностью стенки корпуса. Предпочтительно, корпус электрода выполнен из сплава металла, керамики или металлокерамического материала для получения инертного или выделяющего кислород анода, используемого для экологически чистого производства алюминия.



A1

202490241

202490241

A1

КОРПУС ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Перекрестные ссылки на родственные заявки

- 5 [0001] Настоящая заявка на патент испрашивает приоритет предварительной заявки на патент США № 63/241,258 под названием «КОРПУС ЭЛЕКТРОДА», поданной в Ведомство по патентам и товарным знакам США 27 сентября 2021 г., содержание которой полностью включено в настоящий документ посредством ссылки.

Область техники изобретения

- 10 [0002] Настоящее изобретение в целом относится к корпусу электрода, электроду, включающему его, и электролизеру, содержащему электрод (электроды) для получения металла, такого как, например, алюминий. В частности, корпус электрода используется для изготовления инертного анода или выделяющего кислород анода.

Предшествующий уровень техники

- 15 [0003] Металлический алюминий, также называемый алюминием, получают посредством электролиза глинозема, также известного как оксид алюминия (IUPAC), в электролитической ванне с расплавленным электролитом при температуре около 750-1000°C, помещенным в несколько электролизеров. Электролизеры снабжены тиглем со стальным кожухом, содержащим углеродистый катодный материал, стальные
20 токопроводящие стержни и огнеупорные изоляционные материалы, способными вмещать электролит, по меньшей мере, один катод и, по меньшей мере, один анод.

- [0004] Постоянный ток, проходящий через аноды, электролит и катоды, вызывает реакции восстановления глинозема, а также способен поддерживать электролитическую ванну при заданной рабочей температуре за счет эффекта Джоуля. В электролизер
25 регулярно подается глинозем, чтобы компенсировать расход глинозема, обусловленный реакциями электролиза.

- [0005] В традиционном процессе Холла-Эру аноды, изготовленные из углерода, расходуются в ходе электролитической реакции. Аноды необходимо заменять через 3-4
30 недели. Потребление углеродистого материала приводит к выбросу большого количества углекислого газа в атмосферу.

- [0006] Производители алюминия в течение нескольких десятилетий пытались получить аноды, изготовленные из не расходуемых материалов, называемых «инертными
анодами» или «выделяющими кислород анодами», чтобы избежать экологических проблем и затрат, связанных с изготовлением и использованием анодов из углеродистого
35 материала. Было предложено несколько материалов, в частности керамические материалы (такие как SnO₂ и ферриты), металлические материалы и композиционные материалы, например материалы, известные как «металлокерамика», содержащие керамическую фазу и металлическую фазу, в частности никелевые ферриты, включающие металлическую фазу на основе меди.

- 40 [0007] Из уровня техники известны аноды в форме цилиндров или плоских пластин.

[0008] Недавно разработанный электролизер для производства алюминия или других металлов может содержать чередующиеся ряды инертных анодов и смачиваемых инертных катодов, погруженных в расплавленную соляную ванну с ионной проводимостью для проведения тока. Например, можно сослаться на документ WO 2017/165838 A 1 (Xinghua Liu), содержание которого включено в настоящий документ посредством ссылки. Расплавленная соляная ванна обладает способностью растворять соединение металла, подлежащего восстановлению (например, оксид металла, хлорид металла, карбонат металла и т. д.). На анодах образуется газ, такой как кислород, хлор или углекислый газ, который выходит из электролизера в виде отходящего газа. На катодах образуется жидкий металл, который самотеком стекает тонким слоем в ванну или поддон для сбора.

[0009] Когда аноды и катоды расположены вертикально, они удалены друг от друга на расстояние, известное как расстояние анод-катод или РАК. Electroды также имеют размер перекрытия, известный как перекрытие анод-катод или ПАК. Если геометрическая форма корпуса анода отличается от формы соседних катодов, например, в случае анода цилиндрической формы, расположенного рядом с катодной пластиной, РАК может изменяться. Кроме того, форма и размер инертных анодов зависят от требуемого сопротивления электролизера, плотности тока, размеров катодной пластины и размеров электролизера. Изготовление анодов может оказаться сложным, в частности, когда корпус анода изготовлен из таких материалов, как металлокерамика или керамика для производства инертных/выделяющих кислород анодов.

[0010] Таким образом, возникает необходимость в новой форме электрода для электролизера, позволяющей увеличить срок службы электролизера, обеспечивая при этом более постоянное РАК.

25 **Краткое изложение сущности изобретения**

[0011] Недостатки предшествующего уровня техники, как правило, устраняются за счет новых форм анода для электролизера, обычно используемого для электролитического производства алюминия.

[0012] Это описание сущности изобретения дано для того, чтобы в упрощенной форме представить выбор концепций, которые далее рассмотрены в “Подробном описании”. Это описание сущности изобретения не предназначено для выявления ключевых признаков или существенных признаков заявленного объекта, а также не предназначено для использования в качестве помощи в определении объема объекта.

[0013] Изобретение относится к корпусу электрода для электролитического получения металла, причем корпус электрода вытянут продольно вдоль оси Z и содержит:

первую часть, выполненную с возможностью функционального соединения корпуса электрода с электролизером;

вторую часть, противоположную первой части; и

среднюю часть, расположенную между первой и второй частями;

40 при этом корпус электрода имеет непрерывную наружную поверхность с округленным переходом между второй и средней частями, и

причем непрерывная наружная поверхность средней части образует две противоположные наружные плоские поверхности, обращенные к поверхностям соседних электродов, когда электрод погружен в электролитическую ванну электролизера, содержащего указанные соседние электроды.

5 [0014] Согласно предпочтительному варианту осуществления, корпус электрода, как описано в настоящем изобретении, может дополнительно содержать продольную внутреннюю полость, проходящую от первой части и выполненную с возможностью приема, по меньшей мере, частично электродного штифта для функционального подключения корпуса электрода к источнику электроэнергии, когда электродный штифт
10 установлен внутри, таким образом, продольная внутренняя полость и корпус электрода образуют стенку корпуса вокруг продольной внутренней полости.

[0015] Согласно предпочтительному варианту осуществления, продольная внутренняя полость может иметь неодинаковое поперечное сечение первой и второй частей корпуса электрода. Более предпочтительно, неодинаковое поперечное сечение внутренней
15 полости, прилегающей к первой части, может быть больше, чем неодинаковое поперечное сечение средней и/или второй частей.

[0016] Согласно предпочтительному варианту осуществления, неодинаковое поперечное сечение внутренней полости, прилегающей к первой части, имеет первую геометрическую форму, которая отличается от второй геометрической формы
20 неодинакового поперечного сечения второй части. Более предпочтительно, первая геометрическая форма имеет круглое поперечное сечение, тогда как вторая геометрическая форма имеет прямоугольное поперечное сечение.

[0017] Согласно предпочтительному варианту осуществления, вторая часть корпуса электрода является замкнутой, стенка корпуса, образованная второй и средней частями,
25 может, таким образом, иметь одинаковую или почти одинаковую толщину.

[0018] Согласно предпочтительному варианту осуществления, вторая часть корпуса электрода является замкнутой, при этом, стенка корпуса второй части может иметь первую толщину, превышающую вторую толщину стенки корпуса в средней части.

[0019] Согласно предпочтительному варианту осуществления, вторая часть корпуса
30 электрода может иметь овальную форму или прямоугольную форму со скругленными углами.

[0020] Согласно предпочтительному варианту осуществления, первая часть стенки корпуса может иметь круглую или овальную форму.

[0021] Согласно предпочтительному варианту осуществления, наружные плоские
35 поверхности могут быть выполнены с возможностью перехода от второй части к первой части под углом α к продольной оси Z , составляющей около 0° так, чтобы они были параллельны плоскости, образуемой поверхностями соседних электродов, и обеспечивали постоянное расстояние между средней частью корпуса электрода и соседними электродами.

40 [0022] Согласно предпочтительному варианту осуществления, наружные плоские поверхности могут быть выполнены с возможностью простираения по направлению

вовнутрь от второй части к первой части под углом α к продольной оси Z , составляющим от $0,5^\circ$ до 5° .

5 [0023] Согласно предпочтительному варианту осуществления, средняя часть стенки корпуса может также иметь две противоположные наружные боковые поверхности, соединяющие две противоположные наружные плоские поверхности, причем наружные боковые поверхности образуют округлый переход между двумя противоположными наружными плоскими поверхностями корпуса электрода. Предпочтительно, наружные боковые поверхности простираются по направлению вовнутрь от второй части к первой части. Более предпочтительно, каждая из двух простирающихся по направлению
10 вовнутрь противоположных наружных боковых поверхностей образует уступообразный переход между средней частью и первой частью вдоль продольной оси Z .

[0024] Согласно предпочтительному варианту осуществления, корпус электрода, как описано в настоящем изобретении, может дополнительно содержать систему защиты, расположенную непосредственно около первой части, для механического соединения
15 корпуса электрода с огнеупорной оболочкой. Предпочтительно, система защиты может иметь внешнюю канавку в корпусе электрода вокруг первой части и прилегающую к ней.

[0025] Согласно предпочтительному варианту осуществления, электрод представляет собой анод, а корпус электрода представляет собой корпус анода, выполненный из металла или его сплава, керамики или металлокерамического материала для
20 изготовления инертного анода или выделяющего кислород анода.

[0026] Изобретение также относится к электроду, содержащему корпус электрода, описанный в настоящем документе, и электродный штифт, вставленный в корпус электрода. Предпочтительно электрод применяется для получения металла, такого как алюминий.

25 [0027] Преимущество заключается в том, что, в отличие от пластинчатого электрода корпус электрода с закругленными углами (без острых углов) для перехода между второй и средней частями позволяет ослабить концентраторы напряжений и избежать образования трещин.

[0028] Несмотря на закругление углов, корпус электрода, описанный здесь, также
30 содержит противоположные плоские поверхности, обращенные к соседним электродам в электролизере, обеспечивая, таким образом, более постоянное РАК по сравнению с анодом цилиндрической формы.

[0029] Другие и дополнительные аспекты, а также преимущества настоящего изобретения будут лучше поняты при ознакомлении с иллюстративными вариантами
35 осуществления, которые представлены ниже, или указаны в прилагаемой формуле изобретения, а специалистам в данной области техники станут понятны различные преимущества, не упомянутые в настоящем изобретении, при применении изобретения на практике.

Краткое описание чертежей

40 [0030] Вышеуказанные и другие аспекты, признаки и преимущества изобретения станут более очевидными из следующего описания, при этом делается ссылка на прилагаемые

чертежи, на которых:

- [0031] На Фиг. 1 представлено трехмерное изображение корпуса электрода в соответствии с первым предпочтительным вариантом осуществления.
- [0032] На Фиг. 2 представлен вид сбоку корпуса электрода, представленного на Фиг. 1.
- 5 [0033] На Фиг. 3 показан вид в разрезе корпуса электрода, представленного на Фиг. 2 вдоль линии А-А.
- [0034] На Фиг. 4а показан вид сверху корпуса электрода, представленного на Фиг. 1.
- [0035] Фиг. 4b это укрупненный вид участка В корпуса электрода, представленного на Фиг. 4а.
- 10 [0036] На Фиг. 5 показан вид в разрезе корпуса электрода, представленного на Фиг. 4а, вдоль линии G-G.
- [0037] Фиг. 6 это укрупненный вид участка С корпуса электрода, показанный на Фиг. 3.
- [0038] На Фиг. 7 представлено трехмерное изображение корпуса электрода в соответствии со вторым предпочтительным вариантом осуществления.
- 15 [0039] На Фиг. 8 представлен вид сбоку корпуса электрода, представленного на Фиг. 7;
- [0040] На Фиг. 9 показан вид в разрезе корпуса электрода на Фиг. 10а, вдоль линии А-А.
- [0041] На Фиг. 10а показан вид сверху корпуса электрода, представленного на Фиг. 7;
- [0042] Фиг. 10b это укрупненный вид участка D корпуса электрода, представленного на Фиг. 10а;
- 20 [0043] На Фиг. 11 показан вид в разрезе корпуса электрода на Фиг. 10а, вдоль линии В-В; и
- [0044] Фиг. 12 это укрупненный вид участка Е корпуса электрода, представленного на Фиг. 11.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

- 25 [0045] Далее в настоящем документе описывается новый корпус электрода. Хотя изобретение описывается в рамках конкретных иллюстративных вариантов осуществления, следует понимать, что представленные варианты осуществления приведены только в качестве примера и что объем изобретения этим не ограничивается.
- [0046] Используемая здесь терминология соответствует определениям, изложенным
- 30 ниже.
- [0047] Выражение «приблизительно» означает, что значение весового процента (мас.%), времени, сопротивления, объема или температуры может варьировать в пределах определенного диапазона в зависимости от допустимого предела погрешности способа или устройства, используемого для оценки такого весового процента, времени,
- 35 сопротивления, объема или температуры. Обычно допустимый предел погрешности составляет 10%.
- [0048] Описание, которое следует далее, и описанные в нем варианты осуществления представлены в качестве разъяснения примера конкретных вариантов осуществления принципов и аспектов настоящего изобретения. Эти примеры приведены в целях
- 40 разъяснения принципов изобретения, но не ограничивают их. В последующем описании и на чертежах аналогичные детали и/или этапы обозначены одинаковыми

соответствующими ссылочными номерами.

[0049] Как указано выше, изобретение прежде всего относится к корпусу электрода, вытянутому продольно вдоль оси Z и содержащему первую часть, выполненную с возможностью функционального соединения корпуса электрода с электролизером; вторую часть, противоположную первой части; и среднюю часть, расположенную между первой и второй частями. Корпус электрода имеет сплошную наружную поверхность с округлым переходом между второй и средней частями. Кроме того, сплошная наружная поверхность средней части образует две противоположные наружные плоские поверхности, обращенные к поверхностям соседних электродов, когда электрод погружен в электролитическую ванну электролизера, содержащего соседние электроды.

[0050] В приведенном ниже описании предпочтительных вариантов осуществления изобретение представлено как корпус анода. Конечно, подобные варианты осуществления можно применить к корпусу катода.

[0051] Катоды электролизера для получения металла являются электропроводящими, химически стойкими к металлу и ванне и обладают хорошей смачиваемостью получаемым металлом. Катоды могут представлять собой, например, вертикальные пластины заданной толщины, образующие, таким образом, две противоположные плоские поверхности, обращенные к соседним анодам.

[0052] На Фиг. 1-6 представлен первый вариант осуществления, а на Фиг. 7-12 представлен второй вариант осуществления корпуса анода, предназначенного для электролитического получения металла. На чертежах ссылочные номера серии 100 обозначают первый вариант осуществления, а ссылочные номера серии 200 обозначают второй вариант осуществления.

[0053] Описанный в настоящем изобретении анод предпочтительно содержит корпус анода, в который вставлен анодный штифт для проведения электрического тока. Примеры приведены в патенте US 9,945,041 B2 (Reed et al.), содержание которого включено в настоящий документ посредством ссылки.

[0054] Согласно предпочтительному варианту осуществления, показанному на чертежах, корпус анода **100, 200** содержит продольную внутреннюю полость **110, 210**, выполненную с возможностью приема, по меньшей мере частично, анодного штифта (не показан) для функционального подключения корпуса анода к источнику электроэнергии (не показан), когда анодный штифт установлен внутри. Могут рассматриваться другие возможные конфигурации электрического подключения корпуса анода к источнику питания, без отступления от объема настоящего изобретения.

[0055] Корпус анода **100, 200** также имеет стенку корпуса **120, 220** вокруг продольной внутренней полости **110, 210**. Стенка корпуса содержит или ограничивает следующие части:

первую или открытую часть **130, 230** примыкающую к отверстию **111, 211** продольной внутренней полости;

вторую или закрытую часть **140, 240**, противоположную открытой части **130, 230**;

и

среднюю часть **150, 250**, простирающуюся между первой/открытой частью **130, 230** и второй/закрытой частью **140, 240**.

5 [0056] Как, в частности, показано на Фиг. 3 или 9, корпус анода **100, 200** имеет форму с отверстием и со сплошной наружной поверхностью **121, 221** стенки корпуса, образующей закругленный переход **141, 241** между второй/закрытой частью **140, 240** и средней частью **150, 250**. Такие закругления (без острых углов) закрытой части, а также предпочтительно средней и первой/открытой частей, позволяют ослабить концентраторы напряжений и избежать образования трещин.

10 [0057] Как, в частности, показано на Фиг. 9, вторая часть **240** и средняя часть **250** стенки **220** корпуса анода **200** имеют одинаковую или почти одинаковую толщину **222**. Одинаковая или почти одинаковая толщина боковых стенок и дна обеспечивает равномерное или почти равномерное распределение электрического тока по указанной (почти) одинаковой толщине, что приводит к (почти) равномерной теплопередаче и температурным градиентам. Это особенно выгодно для сохранения чувствительных к

15 температуре материалов, таких как керамика или металлокерамика, от растрескивания.

[0058] В другом варианте осуществления, что, в частности, показано на Фиг. 3, стенка корпуса **120** второй/закрытой части **140** имеет первую толщину **122**, превышающую вторую толщину **123** стенки корпуса **120** средней части **150**.

20 [0059] Как, в частности, показано на Фиг. 4а, закрытая часть **140** корпуса анода **100** может иметь округлую форму. В другом варианте осуществления, что особенно хорошо видно на Фиг. 10а, закрытая часть **240** корпуса анода **200** может иметь прямоугольную форму с закругленными углами. Такая особая форма позволяет снизить сопротивление ячейки и обеспечить более равномерное распределение тока по частям корпуса анода.

25 [0060] Под «округлой» в настоящем изобретении подразумевается любая геометрическая форма от яйцевидной до округлой.

[0061] Под «прямоугольной» в настоящем изобретении подразумевается любая геометрическая форма от прямоугольника до квадрата.

30 [0062] Как, в частности, показано на Фиг. 4а-4б, или Фиг. 10а-10б, первая/открытая часть **130, 230** стенки корпуса **120, 220** и отверстие **111, 211** продольной внутренней полости **110, 210** могут иметь круглую форму. Такая круглая форма обеспечивает больше пространства, чем прямоугольная, и, таким образом, облегчает вставку и прием электрического штифта в продольную полость корпуса анода.

35 [0063] Как показано на Фиг. 1 и 2, или Фиг. 7 и 8, средняя часть **150, 250** корпуса анода **100, 200** имеет или образует две противоположные наружные плоские поверхности **151, 251**, обращенные к соседним наружным поверхностям корпусов катодов (не показаны), когда анод погружен в электролитическую ванну электролизера, содержащего указанные корпусы катодов. Предпочтительно, как указано выше, корпусы катодов могут быть пластинами с двумя противоположными плоскими поверхностями, обращенными к соседним анодам. Можно рассмотреть другие формы катодов, без отступления от объема настоящего изобретения.

40

[0064] Согласно первому варианту осуществления, показанному на Фиг. 1-3, наружные

плоские поверхности **151** корпуса анода выполнены с возможностью простираения снаружи между второй/закрытой частью и первой/открытой частью под углом α к продольной оси внутренней полости, составляющим от $0,5^\circ$ до 5° . Угол α может быть выбран для распределения струи пузырьков (или пузырьков кислорода), образующихся во время электролиза с использованием выделяющих кислород электродов. Если во время электролитического процесса РАК полностью заполнено или в него попадают пузырьки O_2 – сопротивление газа выше, чем жидкости. Кроме того, пузырьки кислорода не должны попадать на катодные пластины (иначе жидкий алюминий обратнo перейдет в оксид алюминия), что может снизить эффективность электролизера.

5

10 [0065] Согласно второму варианту осуществления, показанному на Фиг. 7-10, наружные плоские поверхности **251** корпуса анода выполнены параллельными плоскости, образованной соседними корпусами катода. Другими словами, угол α между наружными плоскими поверхностями **251** и продольной осью внутренней полости составляет приблизительно 0° . Эта характеристика обеспечивает постоянное расстояние анод-катод (РАК) между средней частью анода и соседними корпусами катодов. Другими словами, наружные плоские поверхности **251** простираются под углом α , равным приблизительно 0° , к продольной оси внутренней полости.

15

[0066] Согласно предпочтительному варианту осуществления, средняя часть **150, 250** стенки корпуса **110, 210** также имеет две противоположные наружные боковые поверхности **152, 252**, соединяющие две противоположные наружные плоские поверхности **151, 251**, причем наружные боковые поверхности образуют округлый переход **153, 253** между двумя противоположными наружными плоскими поверхностями корпуса анода (см. Фиг. 4а и 10а соответственно).

20

[0067] Согласно предпочтительному варианту осуществления, в частности показанному на Фиг. 2, 3, и 5, или Фиг. 8, 9 и 11, первая / открытая часть **130, 230**, обычно расположена в верхней части анода, если анод расположен вертикально, имеет верхнюю плоскую поверхность **131, 231**, перпендикулярную продольной внутренней полости или оси Z. Такая верхняя плоская форма корпуса электрода обеспечивает механическое крепление электрода к огнеупорной оболочке (огнеупорная оболочка «садится» или рассредоточивает свою нагрузку по этой поверхности). Предпочтительно, стенка корпуса **120, 220** может иметь систему защиты, прилегающую к первой/открытой части, для механического соединения электрода с огнеупорной оболочкой. Более предпочтительно, система защиты содержит внешнюю канавку **132, 232** вокруг верхней открытой части и непосредственно около нее, как показано на Фиг. 5-6 или 11-12.

25

30

35 [0068] Как показано на Фиг. 1 и 5, наружные боковые поверхности **152** корпуса анода **100** простираются по направлению вовнутрь от второй/закрытой части **140** корпуса к первой/открытой части **130**. Как показано на Фиг. 7, 8 и 11, наружные боковые поверхности **252** корпуса анода **200** также простираются по направлению вовнутрь от второй/закрытой части **240** корпуса. Что касается корпуса анода, показанного, например, на Фиг. 11, то простирающаяся по направлению вовнутрь наружная поверхность **252** образует закругленный переход, формирующий уступ **254** между средней частью **250** и

40

открытой частью **230**. Такое расположение наружных боковых поверхностей **152-252** корпуса анода позволяет увеличить площадь поверхности, тем самым уменьшая плотность тока, напряжение ячейки и удельный расход электроэнергии.

5 [0069] Настоящее изобретение предпочтительно относится к корпусам анодов, изготовленным из металлов или их сплавов, керамики или металлокерамических материалов, обычно используемых для производства инертного или выделяющего кислород анода.

10 [0070] Соответственно, настоящее изобретение также относится к любому электроду, содержащему, по меньшей мере, корпус электрода, как определено в настоящем изобретении, и электродный штифт, вставленный в корпус электрода.

[0071] Настоящее изобретение также относится к комплекту электродов, содержащему множество электродов, как описано в настоящем изобретении, функционально соединенных с огнеупорной оболочкой и устройствами распределения тока.

15 [0072] Корпус электрода или электрод, содержащий то же, что описано в настоящем изобретении, особенно эффективен при получении металла, предпочтительно алюминия.

[0073] Предпочтительно корпус электрода в соответствии с настоящим изобретением:

- может иметь форму с замкнутым торцом/отверстием, которая позволяет разместить электрический элемент (штифт) для снижения сопротивления ячейки и достижения более равномерного распределения тока по детали;
- 20 • стенки корпуса анода могут иметь одинаковую или почти одинаковую толщину стенки и дна, что обеспечивает равномерную теплопередачу/температурные градиенты для чувствительных к температуре материалов (например, керамики, металлокерамики и т.д.);
- может содержать только закругления без острых углов для ослабления концентраторов напряжений, что позволяет избежать образования трещин;
- 25 • может обеспечить увеличенное соотношение сторон цилиндра, что позволяет увеличить ПАК и снизить удельный расход электроэнергии или УРЭ (предпочтительно требуется для вертикальной конструкции ячейки);
- содержит плоские наружные поверхности (протяженность), которые уменьшают среднее РАК по сравнению с более простой цилиндрической формой, меньше УРЭ. Другими словами, за счет выравнивания электроактивной поверхности анода среднее РАК уменьшается при сохранении того же минимального РАК;
- 30 • обеспечивает дополнительную толщину стенок на овальных «концах» (между анодами) для увеличения срока службы из-за неравномерного характера износа анодов, причем толщина стенок между анодами предпочтительно больше толщины стенок между анодом и катодом;
- 35 • может обеспечить анод большего размера, максимально увеличить площадь поверхности для электролиза и уменьшить количество деталей в анодном комплекте (например, количество электрических соединений);
- 40 • может иметь сочетание овалообразной формы для проведения электролиза и

круглого отверстия для штифта;

- может обеспечить меньшую протяженность над электролитической ванной - экономит материал и обеспечивает структурную целостность огнеупорной оболочки (отверстия в заготовке были бы слишком большими);

- 5
- упрощает производственные процессы, такие как формование, обработка, спекание и т.д., благодаря плоским поверхностям электродов, например, за счет сохранения допусков по форме и размерам при усадке детали; и/или
 - имеет бóльшую толщину стенки, чем в известных корпусах электродов, соединенных штифтом, что увеличивает срок службы электрода.

10 [0074] Согласно предпочтительному варианту осуществления, корпус электрода по настоящему изобретению представляет собой корпус анода полой формы, что позволяет заполнять полый корпус металлическим материалом для проведения электричества как можно ближе к активной поверхности анода. Полая форма также позволяет свести к минимуму потери на сопротивление, а также обеспечивает равномерную плотность тока по поверхности активного анода.

15 [0075] Несколько предпочтительных вариантов осуществления корпуса электрода, описанных в настоящем изобретении, предоставляют корпус анода дополнительные существенные улучшения по сравнению с электродами с цилиндрическими или плоскими корпусами, в частности, благодаря переходу корпуса от полости

20 прямоугольной формы в нижней части к полости круглой формы в верхней части анода. Это обеспечивает несколько преимуществ:

- Во-первых, срок службы штифта ограничен наименьшим размером поперечного сечения. Для данного поперечного сечения лучше всего подойдет круглая геометрическая форма, поскольку прямоугольная геометрическая форма
- 25 будет иметь меньший размер.
- Во-вторых, как упомянуто в настоящем изобретении, круглое поперечное сечение анода в верхней части обеспечивает более прочную (механически) огнеупорную оболочку, необходимую в самой верхней части анодов.
 - В-третьих, осесимметричная форма обеспечивает более рациональный способ
- 30 изготовления штифта.
- В-четвертых, круглое отверстие в верхней части анода позволяет избежать прогибания и деформации отверстия анода, которые могут возникнуть при изготовлении анода, если отверстие прямоугольное и сила тяжести перпендикулярна длинной оси отверстия. Круглое отверстие обладает
- 35 естественной механической прочностью дуги, когда силы приложены перпендикулярно поверхности анода.

[0076] Хотя иллюстративные и в данном случае предпочтительные варианты осуществления изобретения подробно описаны выше, следует понимать, что концепции изобретения могут быть реализованы и использованы иным образом, и что прилагаемая

40 формула изобретения должна быть истолкована как включающая такие варианты, за исключением случаев, ограниченных предшествующим уровнем техники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Корпус электрода для электролитического получения металла, вытянутый в продольном направлении вдоль оси Z и содержащий:

первую часть, выполненную с возможностью функционального соединения корпуса электрода с электролизером;

вторую часть, противоположную первой части; и

среднюю часть, простирающуюся между первой и второй частями;

причем корпус электрода имеет сплошную наружную поверхность с закругленным переходом между второй и средней частями, и

при этом сплошная наружная поверхность средней части формирует две противоположные наружные плоские поверхности, обращенные к поверхностям соседних электродов, когда электрод погружен в электролитическую ванну электролизера, содержащего указанные соседние электроды.

2. Корпус электрода по п. 1, дополнительно содержащий продольную внутреннюю полость, проходящую от первой части и выполненную с возможностью приема, по меньшей мере частично, электродного штифта для функционального подключения корпуса электрода к источнику электроэнергии, когда электродный штифт установлен внутри, при этом продольная внутренняя полость и корпус электрода образуют стенку корпуса вокруг продольной внутренней полости.

3. Корпус электрода по п. 2, отличающийся тем, что продольная внутренняя полость имеет неодинаковое поперечное сечение между первой и второй частями корпуса электрода.

4. Корпус электрода по п. 3, отличающийся тем, что неодинаковое поперечное сечение внутренней полости, прилегающей к первой части, больше, чем неодинаковое поперечное сечение средней и/или второй частей.

5. Корпус электрода по п. 2, отличающийся тем, что неодинаковое поперечное сечение внутренней полости, прилегающей к первой части, имеет первую геометрическую форму, отличающуюся от второй геометрической формы неодинакового поперечного сечения, прилегающего ко второй части.

6. Корпус электрода по п. 5, отличающийся тем, что первая геометрическая форма имеет круглое поперечное сечения, тогда как вторая геометрическая форма имеет прямоугольное поперечное сечение.

7. Корпус электрода по любому из пп. 2-5, отличающийся тем, что вторая часть корпуса

электрода является замкнутой, и стенка корпуса, ограниченная второй и средней частями, имеет одинаковую или почти одинаковую толщину.

8. Корпус электрода по любому из пп. 2-5, отличающийся тем, что вторая часть корпуса электрода является замкнутой, при этом, стенка корпуса, ограниченная второй частью, имеет первую толщину, превышающую вторую толщину стенки корпуса, ограниченную средней частью.

9. Корпус электрода по любому из пп. 1-8, отличающийся тем, что вторая часть корпуса электрода имеет овальную форму или форму прямоугольника со скругленными углами.

10. Корпус электрода по любому из пп. 1-9, отличающийся тем, что первая часть стенки корпуса имеет круглую или овальную форму.

11. Корпус электрода по любому из пп. 1-10, отличающийся тем, что наружные плоские поверхности выполнены с возможностью перехода от второй части к первой части под углом α к продольной оси Z , составляющей около 0° , таким образом, чтобы они были параллельны плоскости, образуемой поверхностями соседних электродов, и обеспечивали постоянное расстояние между средней частью корпуса электрода и соседними электродами.

12. Корпус электрода по любому из пп. 1-10, отличающийся тем, что наружные плоские поверхности выполнены с возможностью простираения вовнутрь от второй части к первой части под углом α к продольной оси Z , составляющим от $0,5^\circ$ до 5° .

13. Корпус электрода по любому из пп. 1-12, отличающийся тем, что средняя часть стенки корпуса также имеет две противоположные наружные боковые поверхности, соединяющие две противоположные наружные плоские поверхности, причем наружные боковые поверхности образуют округлый переход между двумя противоположными наружными плоскими поверхностями корпуса электрода.

14. Корпус электрода по п. 13, отличающийся тем, что каждая из наружных боковых поверхностей простирается вовнутрь от второй части к первой части.

15. Корпус электрода по п. 13 или 14, отличающийся тем, что каждая из двух простирающихся вовнутрь противоположных наружных боковых поверхностей образует уступообразный переход между средней частью и первой частью вдоль продольной оси Z .

16. Корпус электрода по любому из пп. 1-15, дополнительно содержащий систему

защиты, расположенную непосредственно около первой части, для механического соединения корпуса электрода с огнеупорной оболочкой.

17. Корпус электрода по п. 16, отличающийся тем, что система защиты имеет внешнюю канавку в корпусе электрода вокруг и непосредственно около первой части.

18. Корпус электрода по любому из пп. 1-17, отличающийся тем, что электрод представляет собой анод, а корпус электрода представляет собой корпус анода, выполненный из металла или его сплава, керамики или металлокерамического материала для изготовления инертного анода или выделяющего кислород анода.

19. Электрод, содержащий корпус электрода по любому из пп. 1-18 и электродный штифт, вставленный в корпус электрода.

20. Электрод по п. 19, используемый для получения металла.

21. Электрод по п. 20, отличающийся тем, что металлом является алюминий.

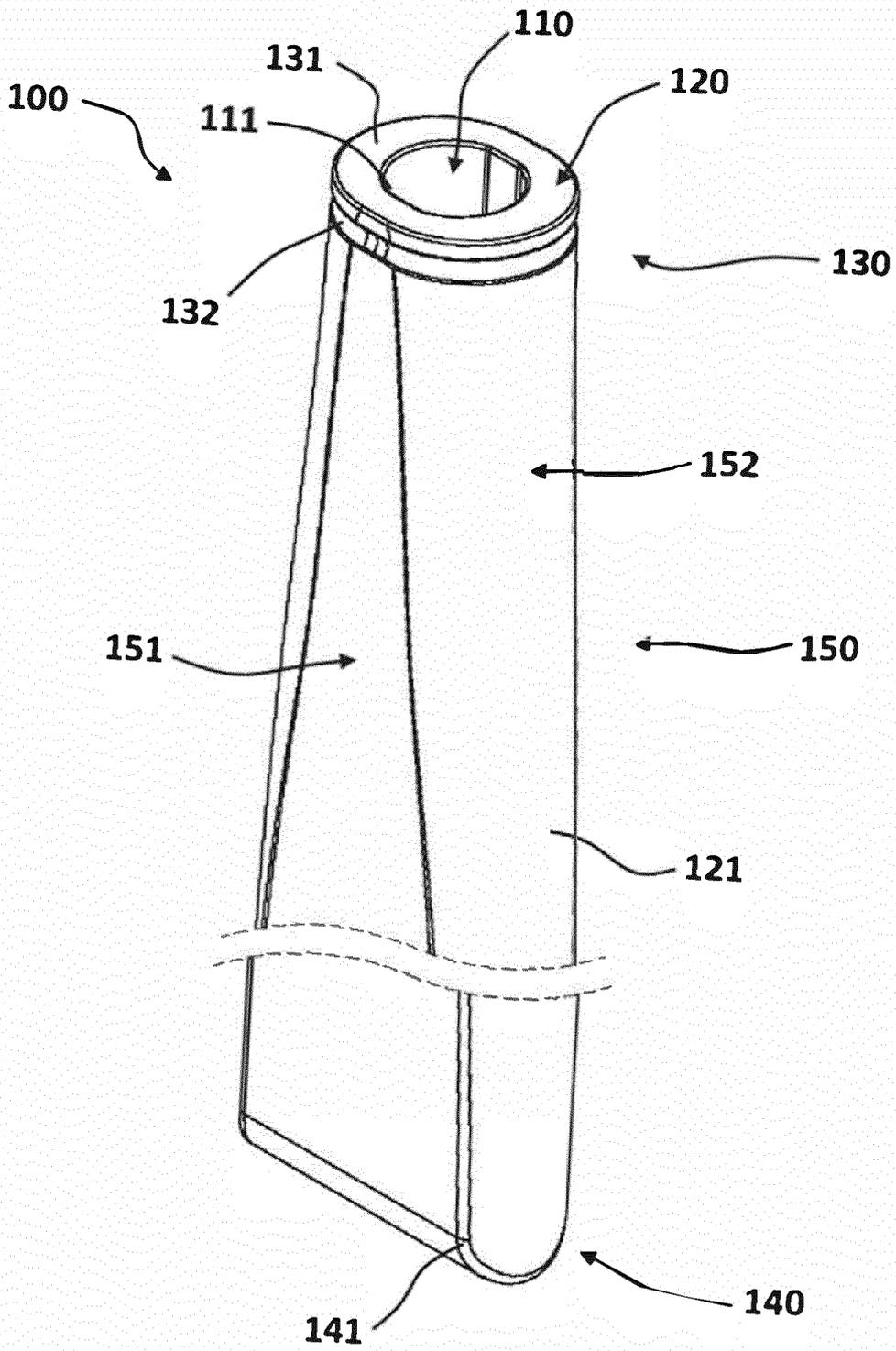


FIG. 1

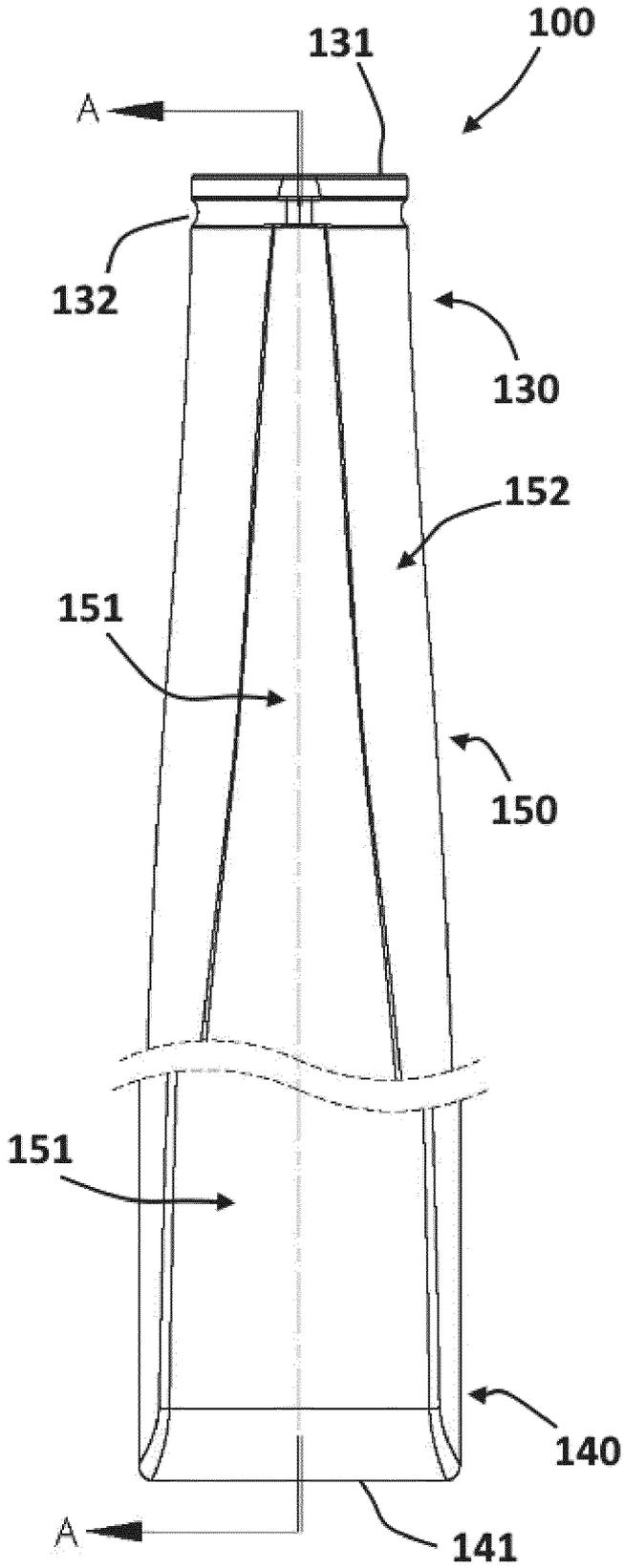


FIG. 2

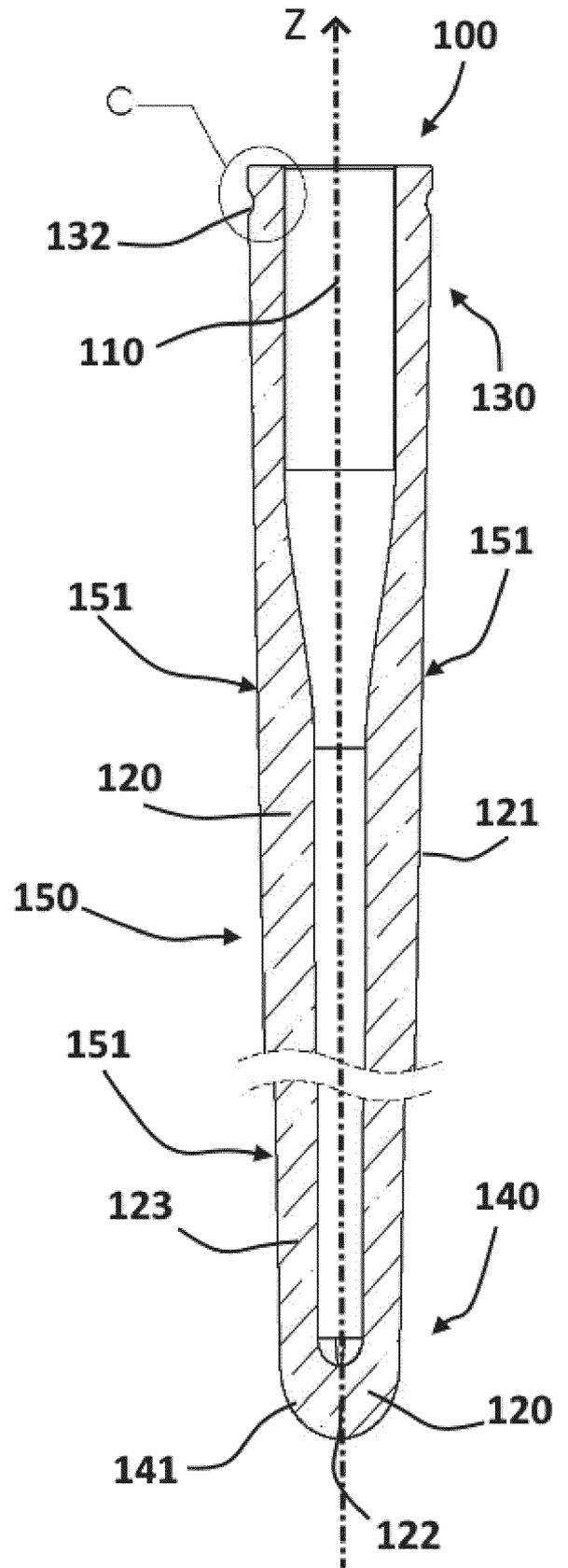


FIG. 3

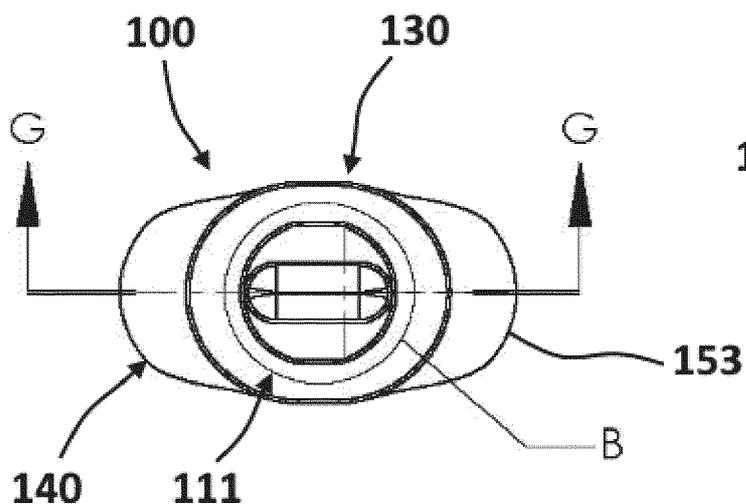


FIG. 4a

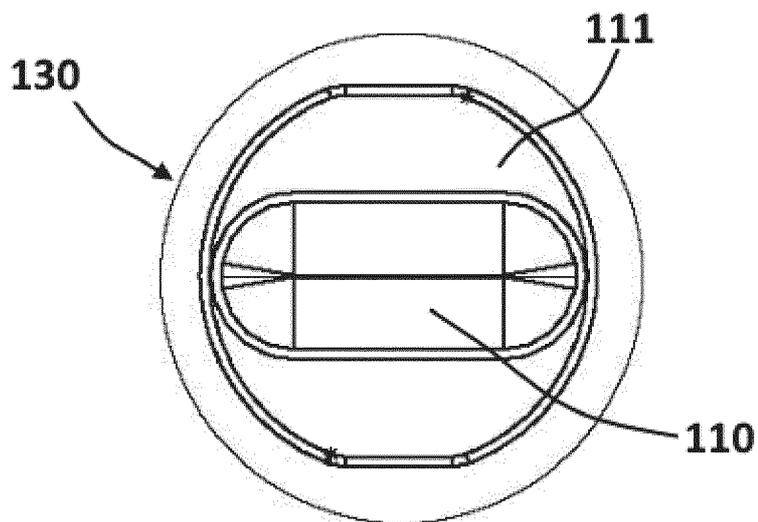


FIG. 4b

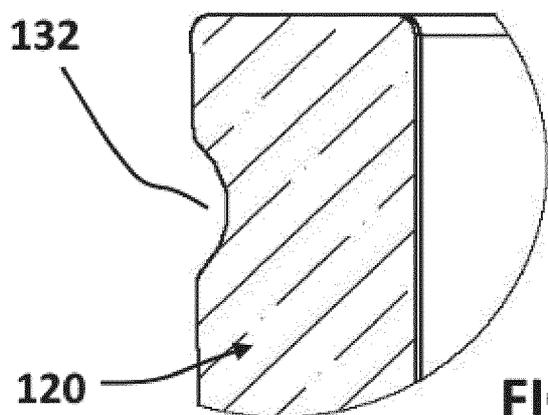


FIG. 6

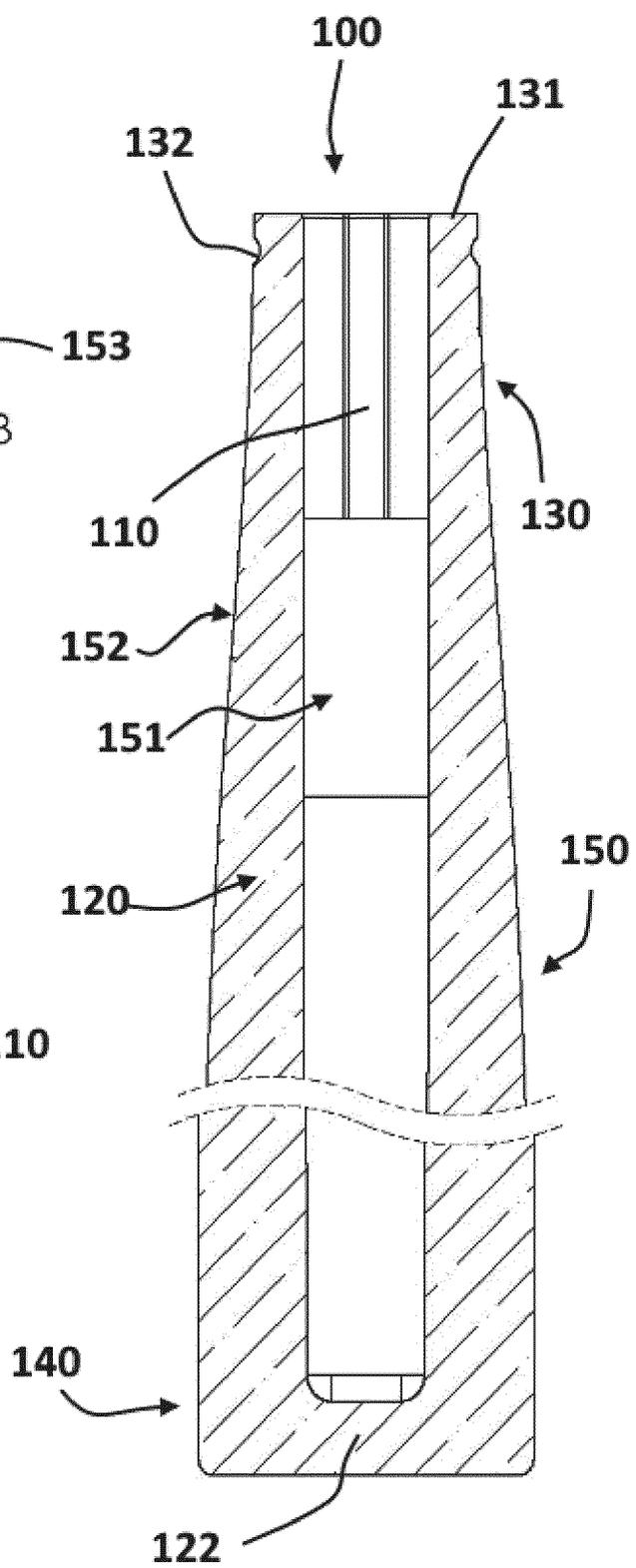


FIG. 5

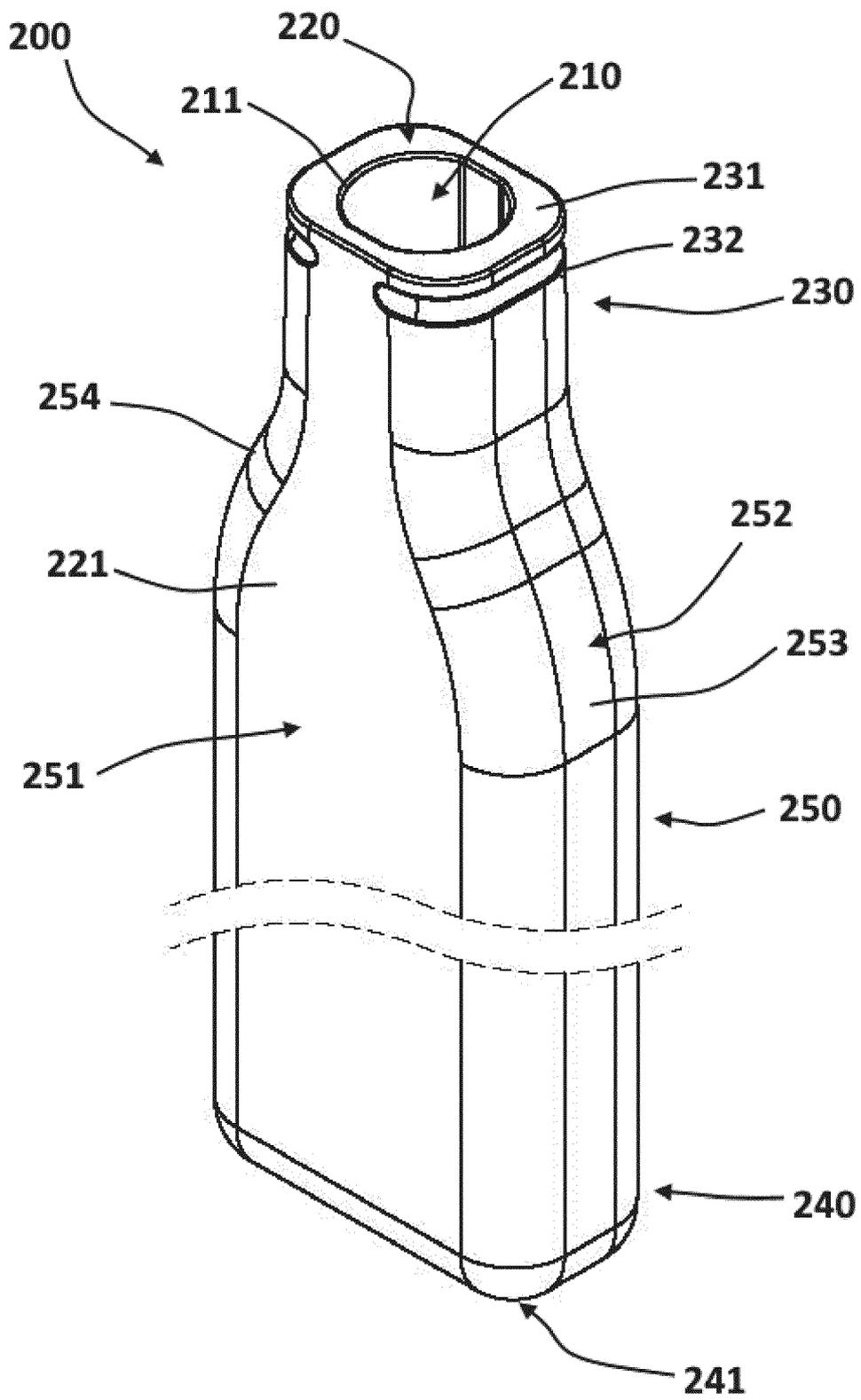


FIG. 7

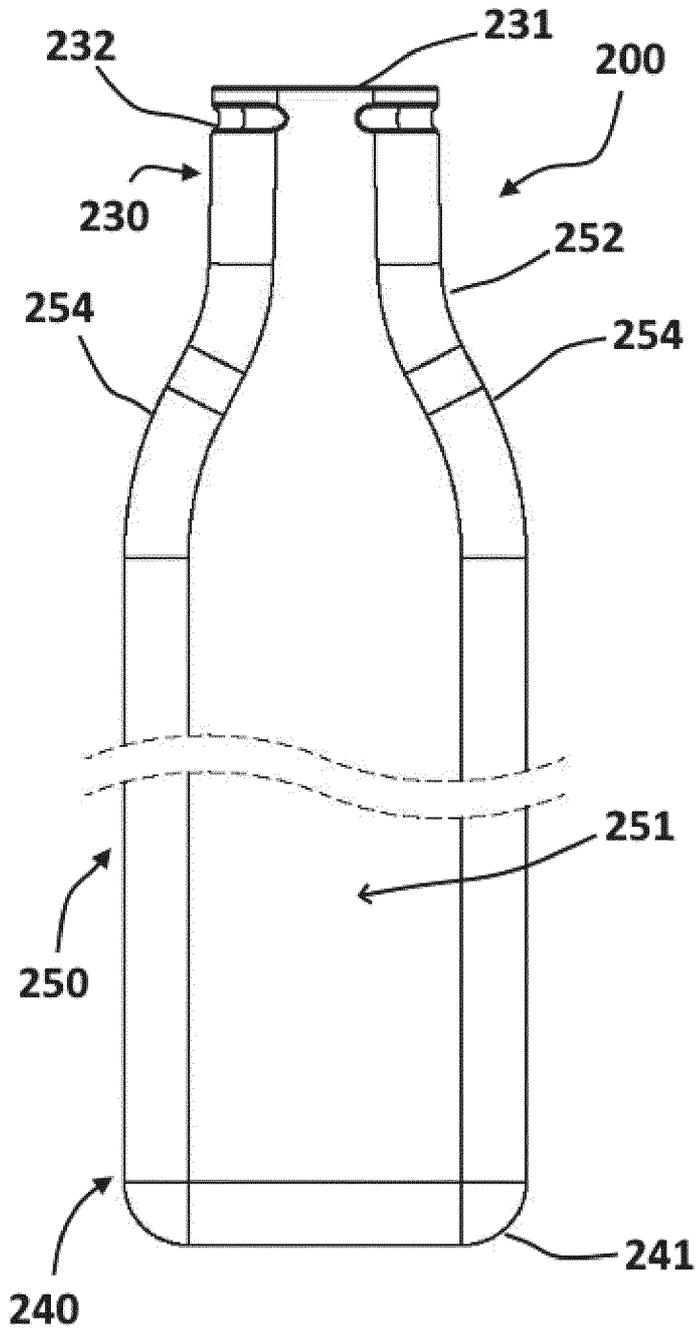


FIG. 8

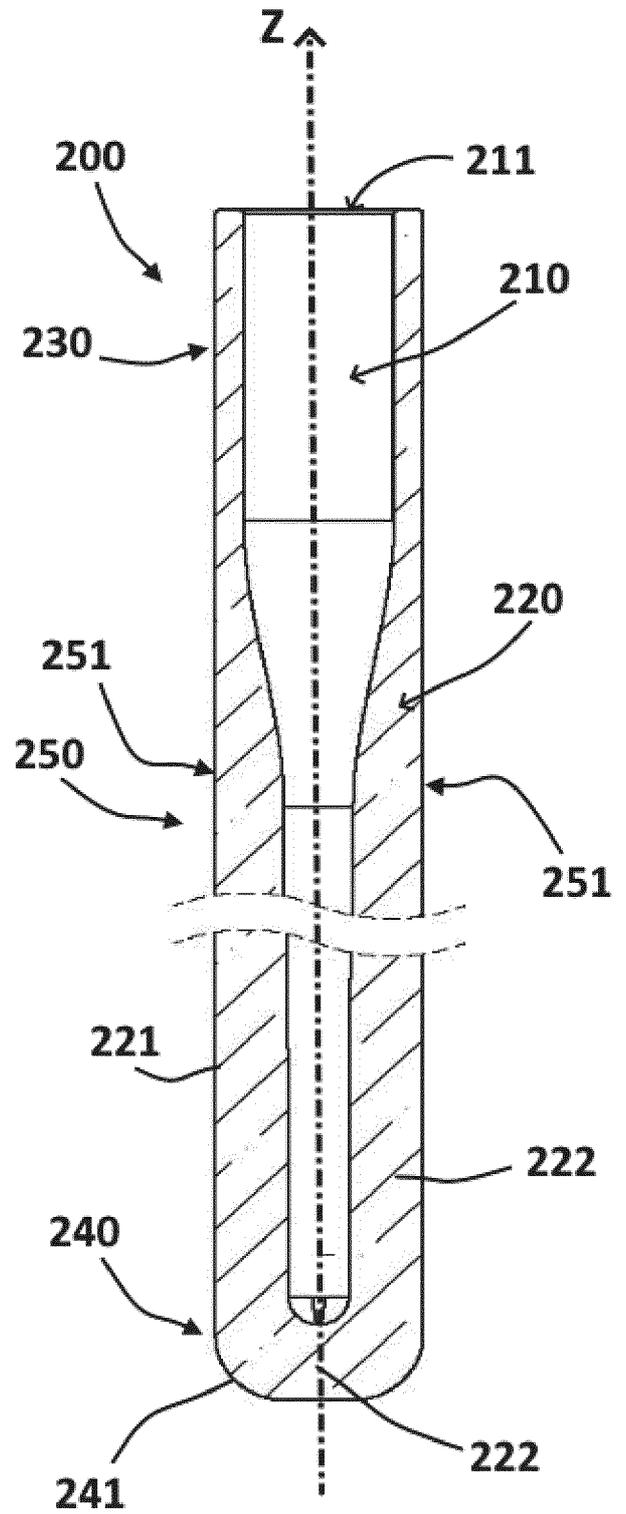


FIG. 9

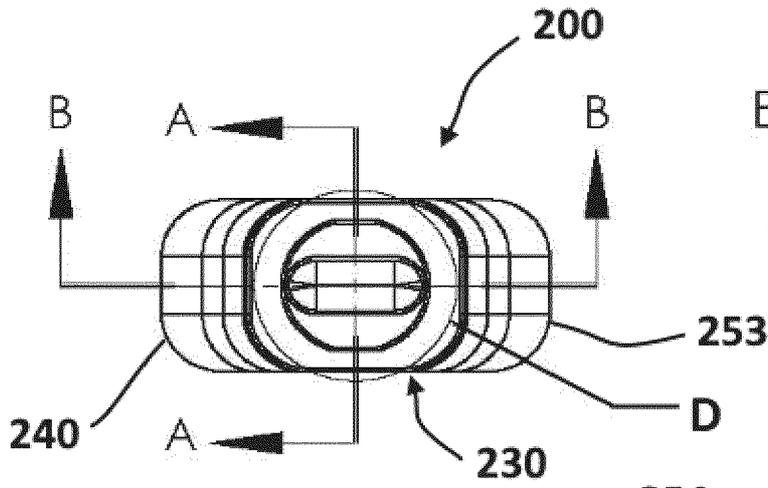


FIG. 10a

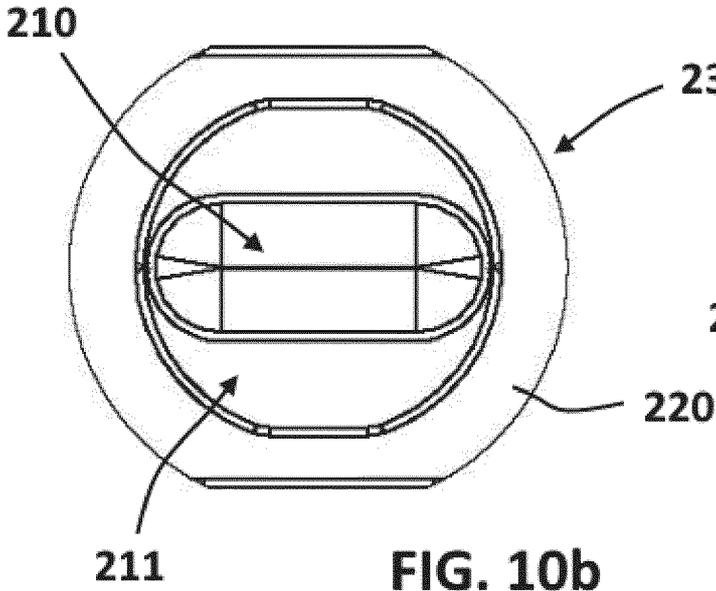


FIG. 10b

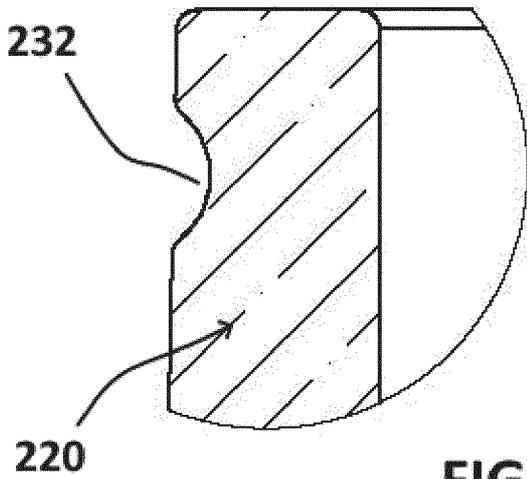


FIG. 12

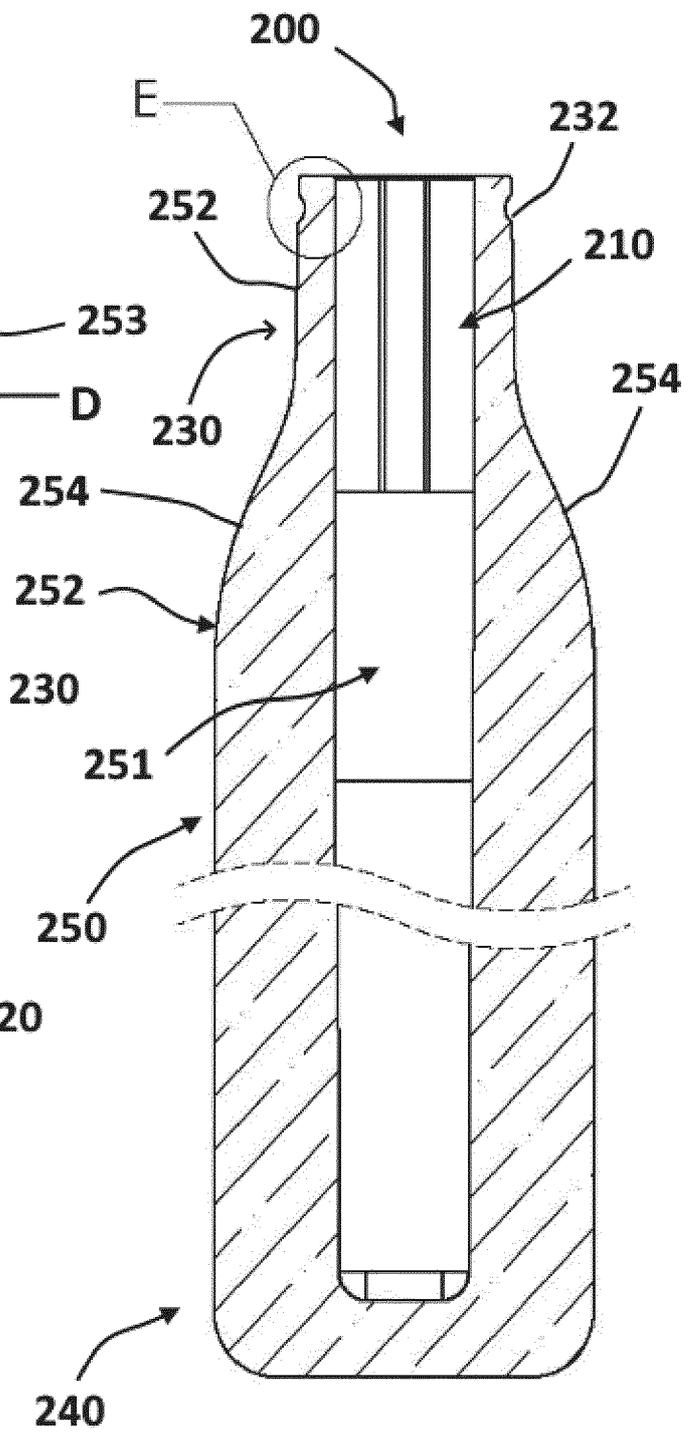


FIG. 11