



72.661/DO

KIVONAT

Elektrolizáló cella, eljárás vizes oldatok tisztítására, valamint eljárás kemikáliák szintetizálására

A találmány tárgya elektrolizáló cella, eljárás vizes oldatok tisztítására, valamint eljárás kemikáliák szintetizálására. A szennyezett vizes oldatokat, így talajvizet és ipari üzemekből, mint papírgyárakból, élelmiszerfeldolgozó üzemekből és textilgyárakból származó szennyvizeket könnyen lehet tisztítani, színteleníteni és fertőtleníteni a találmány szerinti tökéletesített, gazdaságosabb, nyitott elrendezésű elektrolizáló cellában, amelyben az elektródok több, egymással villamosan érintkező porózus elemből állnak. A cellák lehetnek osztottak vagy osztatlanok, és köthető monopoláris vagy bipoláris elrendezésbe. Nagyon szűk elektródközi rések esetén szavatolva van a gazdaságos működés, különösen akkor, ha viszonylag kis vezetőképességű oldatokat kell kezelni. Az újszerű cella kemikáliák, mind szerves, mind szervetlen típusú kemikáliák, így hipoklorit fehérítőszeres és más oxigénezett anyagok elektromos szintetizálására is alkalmazható.

(1. ábra)

Feltűző ábra 1. ábra

2001. 11. 26.



72.661/DO

**KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY**A₂

Elektrolizáló cella, eljárás vizes oldatok tisztítására, valamint eljárás kemikáliák szintetizálására

A találmány tárgya általában vizes oldatok tisztítása és hasznos kémiai termékek előállítása. A találmány tárgya különösen elektrokémiai eljárás, valamint hatékonyabb, gazdaságosabb és biztonságosabb elektrolitikus berendezés mind ivóvíz, ipari szennyvíz és szennyezett talajvíz elektromos tisztítására, mind hasznos termékek, például szerves és szervetlen kemikáliák elektrokémiai szintetizálására (elektroszintetizálására).

A szennyvíz értékes erőforrás lehet olyan városokban, amelyeknek a lakossága nő és ahol a vízkészletek korlátozottak. A szennyvíz újbóli felhasználása könnyíti a frissvíz-készletek korlátozottsága által előidézett gondokat, emellett javíthatja a folyóvizek és tavak minőségét azzal, hogy csökken az ezekbe befolyó víz mennyisége. A szennyvíz regenerálható és újból használható mezőgazdasági és egyéb öntözésre, a talajvíz megújítására vagy rekultiválási célokra.

Életfontosságú továbbá az ivásra alkalmas víz biztosítása. A természetben rendelkezésre álló víz minősége helyről-helyre más és más, és gyakran kell eltávolítani mikroorganizmusokat, példá-

ul baktériumokat, gombákat, spórákat és egyéb organizmusokat, így crypto sporidiumot, sókat, nehézfém ionokat, szerves anyagokat és ezeknek a szennyezőknek a kombinációit.

Az utóbbi néhány évben számos elsődleges, másodlagos és harmadlagos eljárást alkalmaztak ipari szennyvíz dekontaminálására, talajvíz tisztítására és kommunális vízkészletek olyan kezelésére, amely ihatóságukat biztonságosabbá teszi. Ezekben a eljárásokban elsősorban mechanikai és biológiai eljárásokat, így aprítást, ülepitést, iszapemésztést, aktivált iszap szűrését, biológiai oxidálást, nitrifikálást stb. kombinálnak. Széles körben alkalmaztak fizikai és kémiai eljárásokat is, így flokkulálást és koagulálást kémiai adalékanyagokkal, kicsapatást, szűrést, kezelést klórral, ózonnal, Fenton-reagenssel, fordított ozmózist, ultraibolya sterilizálást, hogy csak néhányat említsünk.

Emellett számos elektrokémiai technológiát javasoltak ipari szennyvíz és talajvíz dekontaminálására, többek között kommunális vízkészletek fogyasztási célokra való kezelését. Az elektrokémia szerepe víz és kifolyó víz kezelésében ugyan kedveltebbé vált, de még viszonylag kicsi a korábban említett egyes mechanikai, biológiai és kémiai eljárásokhoz képest. Egyes esetekben más technológiákat gazdaságosabbnak találtak az egyszeri beruházási költség és az energiafelhasználás szempontjából. A korábbi elektrokémiai eljárások a költségek tekintetében sem az egyszeri beruházási költségek, sem a működési költségek tekintetében nem voltak versenyképesek a hagyományosabb eljárásokkal, mint amilyen a klórozás, ozonizálás, koagulálás és hasonlók.

A korábbi elektrokémiai eljárásoknál a vezetőképesség módosításához vezetősókat kellett bevinni. Ez növelte a működési költségeket, és további problémákat okozhatott a melléktermékek elhelyezése. Az elektrokémiai eljárások egyes esetekben nem voltak hatásosak abban, hogy a szennyezők koncentrációját a törvényes előírások alatti szintre csökkentsék. Ezért az ilyen elektrokémiai eljárások gyakran nem voltak eléggé megbízhatóak abban, hogy konzisztensen, lényegében teljesen mineralizálják a szerves szennyezőket, valamint abban, hogy az ipari szennyvizekből a törvényes előírásoknak megfelelően elegendő festéket távolítsanak el.

A korábbi elektrokémiai technológiák fenti hiányosságai ellenére az elektrokémia mégis kedvezőnek tekintett technológiát nyújt vizes oldatok dekontaminálásához. Ennek megfelelően szükség van hatékonyabb és biztonságosabb elektrokémiai cellaelrendezésekre és eljárásokra nagy mennyiségű ipari szennyvíz, kifolyó vízárámok és szennyezett talajvíz gazdaságosabb kezelésére, ideértve a kommunális vízkészleteket ivásra alkalmassá tevő dekontaminálást. Az ilyen elektrokémiai cellaelrendezéseknek kémiai termékek elektroszintetizálására is alkalmasnak kell lenniük.

A találmányunk elé kitűzött feladat vizes oldatok, elsősorban kifolyó vizek, ezen belül a kémiai és biológiai szennyezők, - többek között olyan jellegzetes csoportokhoz tartozó szennyezők, mint szerves és bizonyos szervesetlen vegyületek - széles spektrumával szennyezett szennyvizek elektromos tisztítására szolgáló eszközök és eljárások tökéletesítése. Jellegzetes potenciális

szervetlen szennyezők többek között a következők: ammónia, hidrazin, szulfidok, szulfitok, nitritek, nitrátok, foszfitok, fémionok stb. A szerves szennyezők a következők lehetnek: szerves fémvegyületek; textilgyári festékek; élelmiszerfeldolgozó üzemekből származó szénhidrátok, zsírok és proteintartalmú anyagok; kifolyó vizek, így papíripari foszlatásból és a papírgyárakból származó, lignineket és más festéktesteket tartalmazó szennylég; általános jellegű vízszennyezők, többek között kórokozó mikroorganizmusok, azaz baktériumok, gombák, penész, ciszták, protozoák és más fertőzők, így vírusok; oxigénigényes hulladékok stb.

Nem célszerű külön megnevezni minden lehetséges szennyezőt, amelyeket a találmány szerinti eljárásokkal sikeresen lehet kezelni, és ezért az igénypontokban szereplő „szennyezett vizes elektrolitoldat” kifejezésen vagy ennek változatain értünk minden potenciális szennyezőt, akár szerves, akár szervetlen szennyezőt, vagy fémionokat vagy biológiai szennyezőket.

A találmány szerinti elektromos tisztítási eljárások és berendezés különösen azért jelentősek, mert alkalmasak gyakorlatilag bármilyen, egy vagy több szerves szennyezőt és bizonyos szervetlen szennyezőket - többek között kis, 1 ppm-nél kisebbtől nagy, 300000 ppm-nél nagyobb értékig terjedő koncentrációban jelenlévő veszélyes fémionokat és biológiai szennyezőket - tartalmazó vizes oldatok hatékony tisztítására.

A szennyező(k) összetételének kívánt kémiai változtatásához a legtöbb esetben csak elektromosság szükséges. A vízvezetéki víz vezetőképessége elegendő a tökéletesített cella működéséhez. Nincs szükség arra és nem feltétlenül kívánatos, hogy a szennye-

zett vizes oldatokhoz adalékanyagokat adjunk hozzá a kezelendő oldat vezetőképességének módosítása végett azért, hogy a szennyező kívánt lebomlása megvalósuljon. Az elektromos tisztítási reakciók során a legtöbb esetben előnyös módon nem keletkeznek szilárd melléktermékek, amelyek költséges elhelyezési problémákat okoznak. A találmány szerinti tökéletesített elektrokémiai eljárások alkalmasak a festékek teljes vagy gyakorlatilag teljes eltávolítására; a szerves szennyezők teljes mineralizálására és a biológiai szennyezők teljes lebontására még vegyes szennyezők esetén is, és ennek költsége versenyképes a hagyományos, nem elektrokémiai eljárások, így a klórozás, ozonizálás és koagulálás költségeivel. Így ezek az eljárások megfelelnek a törvényes előírásoknak vagy még jobbak is azoknál.

A feladatot az elektrolizáló cella tekintetében a találmány értelmében úgy oldjuk meg, hogy az egy elektrolizáló övezetben elhelyezett elektródokként legalább egy anódot és legalább egy katódot tartalmaz. Az elektródok előnyös módon eléggé közel vannak egymáshoz, hogy az elektródközi rés a cellafeszültséget és a belső ellenállást minimalizálja, és a nélkül hozzon létre vezetőképeséget, hogy külön vezetősókra vagy vezetőképeséget fokozó anyagokra lenne szükség. A cella tartalmaz eszközt, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz közvetlenül táplál elektrolitoldatokat az elektródközi rése(ke)n át való elosztás végett. A cella tartalmaz továbbá és eszközt, amely szabályozza az elektrolitoldatnak az elektrolizáló övezetben töltött idejét. Ha az elektrolizáló cellát elektromos tisztításra alkalmazzuk, akkor az elektrolit elegendő időn át marad az elektrolizáló öve-

zetben ahhoz, hogy az előforduló szennyezőket elektrokémiai úton közvetlen eszközökkel és/vagy a szennyezők kémiai módosítása útján a cellában töltött idő alatt kevésbé veszélyes anyagokká módosítsa. további eszközök szolgálnak az elektrolizáló övezetből leszálló kezelt elektrolitoldat összegyűjtésére. Jelentős továbbá, hogy a találmány szerinti elektrolizáló cellának „nyitott elrendezése” van.

A találmány szerinti elektrolizáló cellán kívül további eszközök szolgálják a célszerű és hatékony működést. Ilyenek azok az eszközök, amelyek szivattyúzással vagy gravitációsan közvetlenül a cellához szállítják a szennyezett elektrolitoldatot; a szennyezett vizes elektrolitoldatokat előkezelő eszközök, például levegőztető, a pH-t beállító, fűtő és a nagyobb részecskéket szűrő eszközök; továbbá utókezelő eszközök, például a pH-t beállító és hűtő, vagy klórozó eszközök, amelyek ivóvíz előállításakor végső kezelésre szolgálnak. A találmány ezen kívül kiterjed a belső felügyeletre, amelyhez az automatikus számítógépes folyamatszabályozás céljából mikroprocesszorok és érzékelők - így pH-érzékelők, ultraibolya és látható fényt észlelő érzékelők, biológiai szennyezőket észlelő érzékelők, hőmérsékletérzékelők stb. - tartoznak.

A feladatot a vizes oldatok tisztítására szolgáló rendszer tekintetében a találmány értelmében úgy oldjuk meg, hogy az tartalmaz

- egy elektrolizáló cellát, amely egy elektrolizáló övezetben elhelyezett elektródokként legalább egy anódot és legalább egy katódot tartalmaz; az elektródok eléggé közel

vannak egymáshoz, hogy az elektródközi rész a cellafeszültséget és a belső ellenállást minimalizálja; a cella tartalmaz továbbá vezetéket, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz közvetlenül táplál egy szennyezett vizes elektrolitoldatot; az elektrolizáló cellát nyitott elrendezés jellemzi;

- egy szabályozó szelepet, amely szabályozza a szennyezett vizes elektrolitoldatnak a fenti vezetéken át közvetlenül az elektródokhoz irányuló áramát;
- eszközt, amely a szennyezett vizes elektrolitoldatot a vezetéken átszivattyúzza, valamint
- egyenirányítót, amely egyenáramot szolgáltat az elektrolizáló cellának.

A tisztító rendszer tartalmazhat továbbá érzékelőket és számítógépes eszközöket, amelyek bemeneti jeleket kapnak az érzékelőktől és kimenő jeleket szolgáltatnak a rendszer legalább egy működési paraméterének vezérléséhez. Ez a paraméter lehet az áramsűrűség, az elektrolizáló cellába áramló szennyezett vizes oldat időegységenkénti átfolyása, a szennyezett vizes elektrolitoldat hőmérséklete és pH-ja. A rendszer opcionális alkotóelemei elszívó eszközök, amelyek az elektrokémiai úton keletkezett gáz alakú melléktermékeket további kezelésre szállítják; a szennyezett vizes elektrolitoldatot előkezelő eszközök, amelyek lehetnek szűrő, a pH-t beállító és a hőmérsékletet beállító eszközök.

Mint fentebb említettük, a találmány szerinti elektrolizáló cellák „nyitott elrendezése” teljesen újszerű. A leírásban és az

igénypontokban a „nyitott elrendezés” kifejezésen és ennek a kifejezésnek a változatain olyan elektrolizáló cellákat érünk, amelyek biztosítják a kezelt és dekontaminált vizes elektrolitoldat és a gáz alakú vagy illékony melléktermékek szabályozott szivárgását vagy kiürítését. A fenti definíció kizárja a hagyományos zárt elektrokémiai cellákat és tartály típusú cellákat, amelyekben hagyományos közvetett eszközöket használnak arra, hogy az elektrolitot az elektródokhoz vezessék. A zárt áramlású elektrokémiai cellákat például gyakran több forgácsolt és fröccsöntött cellakeretből gyártják, amelyeket jellegzetesen nyomás alatt állítanak össze nem szivárgó, tömített halommá, és ez tömítőgyűrűkkel és O-gyűrűkkel van ellátva, hogy az elektrolit a cellából ne szivárogjon. Jellegzetesen ilyen típusú tömített elektrokémiai cellák vannak a zártlapos és keretes típusú cellákban. A cellák alkotóelemeinél nagyon szoros illeszkedési tűrésekre van szükség a cella tömítéséhez és annak elkerüléséhez, hogy elektrolit és gázok szivárogjanak a légkörbe. Ezért az ilyen elektrokémiai cellák egyszeri beruházási költségei, felújítási költségei, - ideértve a sérült cellakeretek pótlásának, és a zártlapos és keretes típusú cellák tömítőgyűrűvel való ellátásának költségeit - nagyok.

Mivel a találmány szerinti elektrokémiai cellák elrendezése „nyitott” és nem tömített, és lehetővé teszi a vizes elektrolitoldat, valamint a gáz alakú melléktermékek szabályozott szivárgását, ezért nincs szükség tömített cellákra, és elmaradnak a tömítőgyűrűk, O-gyűrűk és más tömítő elemek. Ehelyett a cella alkotóelemeit szükség esetén különböző mechanikai elemek

tartják szorosan közel egymáshoz. Ilyenek például bilincsek, csavarok, szalagok, hevederek vagy fittingek, amelyek összepattanva együttműködnek stb. Ennek következtében a találmány szerinti újszerű cellánál minimálisak a cella egyszeri költsége, valamint a felújítási és karbantartási költségek.

A celláknak ebben a találmány szerinti nyitott elrendezésében az elektrolitot közvetlenül az elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz vezetjük egy adagolóból, amely az elektródok lapjához képest központosan helyezhető el, például ott, ahol a szennyezett oldat az elektródközi szűk réseken vagy tereken átfolyva érintkezik az elektródokkal. Ebben az időszakban a vizes oldatban lévő szennyezők az elektródokon vagy közvetlenül átalakulnak kevésbé veszélyes anyagokká, és/vagy kémiai oxidáló vagy redukáló szerek, például klór, fehérítőszer, vagyis hipoklorit; hidrogén, oxigén vagy reakcióképes oxigénfajták, így ózon, peroxid, például hidrogén-peroxid, hidroxil-csoportok stb. autogén keletkezése útján kémiaailag kevésbé toxikus anyagokká, így széndioxidá, szulfáttá, hidrogénné, oxigénné és nitrogénné módosulnak. Egyes esetekben a kezelendő oldatban lévő szennyező összetételétől függően kívánatos lehet az oldathoz a cellában végzett kezelés előtt vagy alatt kis koncentrációban bizonyos sókat, például nátrium-kloridot, vassókat vagy más katalitikus sókat hozzáadni. Ez például némi aktív klór előállítására használható, hogy a kezelt vízben maradó szintű fertőtlenítőszer legyen, vagy két vegyértékű vas előállítására használható Fenton-reagens képződésének elősegítésére hozzáadott vagy elektromos úton előállí-

tott hidrogén-peroxiddal. A peroxid képződésének elősegítésére oxigént vagy levegőt is lehet bevezetni az adagolt áramba.

Minthogy az elektrolitot közvetlenül, pozitív nyomáson vezetjük az elektródmaglyához, ezért a gázok, így az elektrolízis folyamán keletkezett hidrogén és oxigén kevésbé hajlamosak arra, hogy az elektródfelületek felett összegyűljenek és szigetelő árnyékolásokat vagy buborék-zsebeket képezzenek. Az elektródok gázzal való takarása növeli a belső villamos ellenállást, és emiatt nagyobb lesz a cellafeszültség és az áramfelvétel. Az elektrolit találmány szerinti közvetlen hozzááramlása a cellához, az oldat dinamikus áramlása az elektródközi résekben minimalizálja a gázzal való takarást, és ezért minimalizálja a cellafeszültségeket.

A cellába szivattyúzással vagy gravitációsan belépő vizes oldat sorban átmegy a rendelkezésre álló elektródközi réseken, majd a cella elektrolizáló övezetéből a gravitációs erők hatására kilépve leszáll egy tartályba például utókezelés végett, vagy távozik például egy természetes vízi útba. Az elektrolízis folyamán keletkezett minden oldatlan gáz viszont felfelé kiszellőzik a cellából a légkörbe, vagy szükség esetén beszívható egy füstgázelvezetőbe vagy elszívóernyőbe.

A közvetlenül táplált, „nyitott elrendezésű” elektrokémiai cellák ugyan a jelen leírás szerint előnyös módon lehetővé teszi a hagyományos cellaházak vagy tartályok elhagyását, mint ezt később részletesebben leírjuk, de a fenti definíción kívül a leírásban és az igénypontokban a „nyitott elrendezés” kifejezésen értjük az olyan elektrokémiai cellákat is, amelyekben a köz-

vetlenül táplált elektródok egy nyitott tartály vagy nyitott cellaház belsejében vannak. Nyitott tartályos elektrokémiai cella jellegzetes példáját ismerteti a US 4,179,347 számú szabadalom (Krause és társai). Ezt a cellát szennyvízáramok fertőtlenítésére szolgáló folyamatos rendszerben használják. A cellatartálynak van egy nyitott teteje, egy fenékfala és vannak oldalfalai. A tartály belsejében egymástól bizonyos távolságban elektródok vannak elhelyezve. Ahelyett, hogy a szennyezett vizes oldatot közvetlenül a tartályban elhelyezett elektródokhoz táplálnák, Krause és társai szabadalma szerint az elektrolitot először a tartály első végébe táplálják be, ahol belső terelőlapátok áramokat keltenek a szennyvízben, ezáltal felfelé és lefelé keringtetik a párhuzamos elektródokon át és között. Így ahelyett, hogy a jelen találmány szerint az elektrolitot közvetlenül az elektródmáglyához szállítanák, ahol nyomás alatt kényszerűn átmegy a szomszédos anódok és katódok közötti elektródközi résekben, az elektrolit Krause és társai szabadalma szerinti nyitott tartálycellában közvetve, merülési effektus révén érintkezik az elektródokkal azáltal, hogy az elektródok a tartály alsó részében vannak elhelyezve, ahol a vizes oldat van. Ez a merülési effektus elégtelen azoknak a tömegszállítási feltételeknek a létrehozásához, amelyek a szennyezők, különösen a kis koncentrációban jelenlévő szennyezők hatékony teljes lebontásához szükségesek. Következésképpen az elektrolitikus reakció gáz alakú melléktermékei az elektródok felületein gázbuborékokból álló takarást hozhatnak létre és gyakran létre is hoznak. Ezért a nagyobb bel-

ső ellenállások következtében nagyobbak lesznek a cellafeszültségek és nagyobb lesz az áramfelvétel.

A találmány céljaira tehát a leírásban és az igénypontokban szereplő „nyitott elrendezés” kifejezésen nyitott tartályos típusú elektrokémiai cellákat is értünk, ahol az elektródmaglya egy nyitott tartály, illetőleg ház belsejében van elhelyezve, és amelyek eszközt tartalmaznak szennyezett vizes oldatoknak közvetlenül az elektródokhoz való táplálására. A közvetlen táplálás révén a ház nem szolgál tárolóedényként a szennyezett vizes oldat számára, amely különben passzívan, egy merülési effektus révén érintkezne az elektródokkal.

A találmány céljaira a „nyitott elrendezés” kifejezés tartalmazza azt is, hogy az elektrokémiai cellák és tisztító rendszerek mellett biztonsági elemeket, így kifröccsenésgátlókat, védőpajzsokat és kosarakat lehet elhelyezni, amelyek minimalizálják a kezelő személyek sérülésének lehetőségét. Ezért a leírásban és az igénypontokban a „nyitott elrendezés” kifejezés arra is vonatkozik, hogy a találmány szerinti elektrolizáló cellákat vagy egy egész víztisztító rendszert egy kis helyiségben helyezzük el.

Elektrokémiai cella további típusát ismertetik Beck és társai az US 4,048,047 számú szabadalomban. Az ebben a szabadalomban leírt cella kör alakú elektródlemezek bipoláris maglyáját tartalmazza. Az elektródlemezeket távtartók választják el egymástól úgy, hogy az elektródközi rés 0,05 és 2,0 mm között van. Folyékony elektrolitot táplálnak közvetlenül az elektródlemezekhez egy csővezetéken át az elektródmaglyában lévő központos nyí-

lásba, majd kifelé, úgyhogy lecsorog az elektródماغlya külsején. Az elektródماغlya azonban a gáz alakú reagensek, gőzök vagy reakciótermékek veszteségeinek elkerülése végett fedéllel ellátott, közös zárt házba van helyezve. Így Beck és társai zár elrendezése nem felel meg a találmány szerinti „nyitott elrendezésű” cella kritériumainak.

Bár hangsúlyoztuk, hogy a találmány szerinti tökéletesített, rendkívül gazdaságos elektrokémiai cellák „nyitott elrendezése” az akár szakaszos, akár folyamatos működésű hagyományos zárt cellák - ezen belül lemezes és keretes típusú cellák és hagyományos tartályos típusú cellák, valamint a hagyományos, részben nyitott tartályos típusú cellák - kiküszöbölésén alapszik, mégis a leírásban és az igénypontokban szereplő „nyitott elrendezés” kifejezésen olyan elektrokémiai cellákat is értünk, amelyeket módosítani lehet különböző betétekkel, gátakkal, válaszfalakkal, terelőlapáttal és hasonlókkal, és ezeket egyes esetekben a cella elektródjai vagy kerületi éleik mellett lehet elhelyezni. Ezeknek a módosításoknak a hatására megváltozik az elektrolit keringése és iránya, nő a bentöltött, illetőleg visszatartási idő, és ezért ezek befolyásolják az elektrolit bentöltött idejét és a cellából való ürítésének sebességét. Az így módosított és részben nyitott elektrokémiai cellákra ennek ellenére vonatkozik a „nyitott elrendezés” kifejezés, ha az elektródok önmagukban lényegében hozzáférhetőek maradnak. Ilyen jellegzetes módosított, lényegében hozzáférhető helyzetben maradó elektródokat tartalmazó elektrokémiai cellák, amelyekre az igénypontokban szereplő „nyitott elrendezésű” kifejezés kiterjed, az úgyneve-

zett „piskótaroládszerű cellák”. Ezekben például az egymásra helyezett és koncentrikusan összetekercselt elektródok számára szolgáló edény el van távolítva, és így „nyitott típusú piskótaroládszerű cellát” képeznek.

A találmányunk elé kitűzött további feladat olyan hatékonyabb elektrokémiai cella, amely vizes közegben lévő, különböző (néhány ppm alattitól több ezer ppm-ig terjedő) koncentrációjú kémiai és biológiai szennyezők hatásos kezelésére használható, és amely mind a beruházási költségek, mind az áramfogyasztás tekintetében versenyképes a hagyományosabb víztisztító rendszerekkel. A találmány szerinti elektrokémiai rendszerek és eljárások gazdaságossága annyira jobb, hogy könnyen adaptálhatók gyárak, így vegyipari üzemek, textilgyárak, papírgyárak, élelmiszerfeldolgozó üzemek stb. ipari szennyvizeinek nagy mennyiségben végzett folyamatos kezelésére.

Kisebb cellafeszültségeket és nagyobb áramsűrűségeket valósítunk meg a rendkívül gazdaságos, nyitott elrendezésű elektrokémiai cellákkal, amelyekben szűk kapilláris elektródközi rések vannak. Az elektródok közötti rés szélessége általában elég kicsi ahhoz, hogy a vezetőképesség a szennyezett vizes oldatokhoz hozzáadott külön vezetősók vagy vezetőképességet fokozó anyagok nélkül jöjjön létre. Így nincs szükség arra, hogy a szennyezett vizes elektrolitoldathoz támogató, a vezetőképességet fokozó anyagként vezetősót adjunk hozzá.

A találmányunk elé kitűzött további feladat tökéletesített, gazdaságosabb és biztonságosabb, folyamatos, félig folyamatos vagy szakaszos eljárás.

Ezt a feladatot a találmány értelmében úgy oldjuk meg, hogy az eljárás lépései a következők:

- előkészítünk egy elektrolizáló cellát, amely egy elektrolizáló övezetben elhelyezett elektródokként legalább egy anódot és legalább egy katódot tartalmaz; az elektródok eléggé közel vannak egymáshoz, hogy az elektródközi rés a cellafeszültséget és a belső ellenállást minimalizálja; a cella tartalmaz eszközt, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz közvetlenül táplál egy szennyezett vizes oldatot, valamint eszközt, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektrolitoldat benneltöltött idejét az elektrolízis közben szabályozza a benne lévő szennyezők módosítása végett; az elektrolizáló cellát a korábban leírtak szerint nyitott elrendezés jellemzi
- közvetlenül az elektrolizáló cella elektrolizáló övezetébe szennyezett vizes elektrolitoldatot vezetünk be; és
- az elektrolizáló cella elektródjaira feszültséget adunk a szennyezett vizes oldatban lévő szennyezők módosítása, előnyös módon megsemmisítése végett.

Világos, hogy az eljárás általában tartalmaz egy olyan lépést, amelyben tisztított elektrolitoldatot nyerünk vissza az elektrolizáló cellából. A találmány értelmében azonban a tisztított vizes oldatokat közvetlenül egy vízgyűjtőbe vagy opcionálisan más utókezelő állomásokra szállítjuk.

Mint fentebb említettük, az eljárásokat nyitott elrendezésű elektrolizáló cellában fogatosítjuk, amely lehet monopoláris

vagy bipoláris elrendezésű. Az itt definiált nyitott elrendezés révén a találmány szerinti elektrokémiai cellákat könnyen lehet monopolárisan kialakítani. Ez különösen előnyös, mert viszonylag kis vezetőképességű szennyezett vizes oldatok elektrolizálásakor kívánatosak a nagyobb áramsűrűségek, és ugyanakkor fennmaradnak a kis cellafeszültségek. A találmány szerinti elektrokémiai cellák lehetnek bipoláris elrendezésűek is, különösen nagy létesítményeknél a gyűjtősínek és egyenirányítók költségeinek minimalizálása végett.

A monopoláris nyitott cellákban jellegzetesen minden elektródnál vannak csatlakozások, míg a bipoláris elrendezésekben a csatlakozások a végelektrodokon vannak. Sok alkalmazás viszont növelt elektródfelszint igényel, különösen akkor, ha laboratóriumi méretű elektrokémiai cellákról félüzemi, végül ipari méretű nyitott cellákra kell átállni. Előnyös lenne, ha a cellák növeléséhez hatékonyabb cella állna rendelkezésre a találmány szerinti eljárások foganatosítására. Ez tovább csökkentené a beruházási és működési költségeket.

Ezért a találmányunk elé kitűzött másik fontos feladat a találmány szerinti nyitott elektrolizáló cellák másik, gazdaságosabb kiviteli alakja. Ezt a feladatot a találmány értelmében úgy oldjuk meg, hogy több porózus elektród oldala van egymás mellett elhelyezve, és vagy függőleges síkban vannak elhelyezve, vagy vízszintesen egymásra vannak helyezve egy máglya alakjában. A porózus elektródok, rendszerint rácsok vagy hálók, villamosan érintkeznek egymással, és mindegyik elektródmáglyánál csak egy tápelektrodra van szükség, amely a feszültséget bevezeti. Azzal,



hogy az elektródokat ezekben a jellegzetes alakzatokban rendez-
zük el, jelentősen nő a hatásos elektródfelszín a nélkül, hogy
az áramforrással összekötő külső villamos érintkezések egyébként
szükséges száma is nőne. Az elektródok réteges elrendezése mini-
malizálja a csatlakozási költségeket, emellett tökemegetakarítást
jelent az elektródok beszerzésénél. További előny a nyitott cel-
lás elrendezés működési hatékonyságának javulása és a kisebb mű-
ködési költségek a kisebb cellafeszültségek következtében.

Ennek megfelelően a találmány szerinti „nyitott elrendezés”
egyik kiviteli alakjában az elektrolizáló cella az elektrolizáló
övezetben elektródokként tartalmaz legalább egy anódot és leg-
alább egy katódot. Legalább az egyik elektród több áramvezető
porózus elemet tartalmaz, amelyek egymás mellett vannak elhe-
lyezve és villamosan érintkeznek egymással. A cella tartalmaz
továbbá eszközt, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektró-
dokhoz közvetlenül táplál egy vizes elektrolitoldatot, valamint
eszközt, amely szabályozza az elektrolitoldat elektrolizáló öve-
zetben töltött idejét.

Egy másik változat szerint a több áramvezető porózus elemből
álló elektród kombinálva van egy szilárd, nem porózus, áramveze-
tő elektródelemmel.

A szennyezett vizes oldatok elektromos tisztítására szolgáló
eljárás egyik kiviteli alakjának lépései a következők:

- előkészítünk egy nyitott elrendezésű elektrolizáló cellát,
amely egy elektrolizáló övezetben elhelyezett elektródok-
ként legalább egy anódot és legalább egy katódot tartal-
maz; legalább az egyik elektród több áramvezető porózus



elemet, például hálót vagy rácsot tartalmaz, amelyek egymás mellett vannak elhelyezve és villamosan érintkeznek egymással; a cella tartalmaz eszközt, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz közvetlenül táplál egy szennyezett vizes elektrolitoldatot, valamint eszközt, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektrolitoldat bentöltött idejét az elektrolízis közben szabályozza a benne lévő szennyezők módosítása végett;

- az elektrolizáló cellába szennyezett vizes elektrolitoldatot vezetünk be; és
- az elektrolizáló cella elektródjaira feszültséget adunk a vizes elektrolitoldatban lévő szennyezők módosítása végett.

A találmány szerinti tökéletesített elektromos tisztítási eljárások fémionokkal szennyezett vizes oldatok kezelésére is alkalmasak. Ezek gyakran toxikus anyagok, amelyek galvanizáló fürdők kifolyó vizeiből, fémfosztó fürdőkből, biocid keverékekből és festékekből származnak, és komplexképző szerrel, felületaktív szerrel vagy redukáló szerrel létrehozott komplexeket tartalmazhatnak. A találmány szerinti elektromos tisztítási eljárások lebontják a komplexképző szert, felületaktív szert vagy redukáló szert, és ezzel szabaddá teszik a veszélyes fémet a további kezeléshez az elektrolizáló cellában, vagy egy másik változat szerint átvisszük egy fémkinyerő cellába, hogy a fémet az oldatból leválasszuk.

Az itt ismertetett elektrolizáló cellák fő hasznosítási területe ugyan szennyezett oldatok elektromos tisztítása, de a ta-



lálomány szerinti „nyitott elrendezés” kedvezően alkalmazható más hasznos célokra is. Jellegzetes példák a szervetlen és szerves vegyületek, így jódátok és perjódát sók, klór-dioxid, perszulfát sók és dimerek elektrokémiai szintetizálása a karboxilsavak Kolbe-féle elektrolizálási eljárásával vagy aktivált olefinek elektro-hidrodimerizálásával, vagy víz elektrolízise hidrogén és oxigén képzése végett és így tovább.

Ezért a találmányunk elé kitűzött további fontos feladat elektromos szintetizálási eljárás hasznos termékek előállítására.

Ezt a feladatot a találmány értelmében úgy oldjuk meg, hogy annak lépései a következők:

- előkészítünk egy nyitott elrendezésű elektrolizáló cellát, amely egy elektrolizáló övezetben elhelyezett elektródokként legalább egy anódot és legalább egy katódot tartalmaz; legalább az egyik elektród több áramvezető porózus elemet, például hálót vagy rácsot tartalmaz, amelyek egymás mellett vannak elhelyezve és villamosan érintkeznek egymással; a cella tartalmaz eszközt, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz közvetlenül táplál egy elektrolitoldatot, valamint eszközt, amely az elektrolitoldat elektrolizáló övezetben töltött idejét szabályozza;
- az elektrolizáló cellába elektroaktív anyag oldatát, így szerves só, például fehérítőszer készítésekor alkáli fém kloridjának vizes oldatát, perjódát készítésekor jodátsó,

sav vizes oldatát stb. tartalmazó elektrolitot vezetünk be; és

- az elektrolizáló cella elektródjaira feszültséget adunk az elektrolit elektrolizálása és ezzel hasznos termék előállítására végett.

A találmánynak ez a kiviteli alakja olyan eljárások hasznos termék elektromos szintetizálására, amelyeknél az elektrolizáló cella porózus diafragmával vagy permszelektív (?) membránnal van ellátva.

Találmányunkat annak példaképpeni kiviteli alakjai kapcsán ismertetjük részletesebben ábráink segítségével, amelyek közül az

1. ábra egy találmány szerinti közvetlenül táplált, nyitott elrendezésű, szabályozott szivárgású elektrokémiai cella első kiviteli alakjának oldalnézete, ahol az elektródok egy vízgyűjtő edény felett vízszintesen vannak elhelyezve, a

2. ábra az 1. ábra szerinti elektrokémiai cella oldalnézet, de ahol az elektródok függőlegesen vannak elhelyezve, a

3. ábra egy találmány szerinti közvetlenül táplált, nyitott elrendezésű, szabályozott szivárgású elektrokémiai cella második kiviteli alakjának oldalnézete, ahol az elektródok egy nyitott cellaház belsejében vannak elhelyezve, a

4. ábra az 1. ábra szerinti elektródmáglya robbantott ábrája, az

5. ábra monopoláris alakzatba kötött, találmány szerinti elektródmáglya oldalnézete, a

6. ábra bipoláris alakzatba kötött, találmány szerinti elektródmáglya oldalnézete, a

7. ábra válaszfallal rekeszekre osztott elektródmáglya oldalnézete, a

8. ábra monopoláris alakzatba kötött, porózus elektródmáglyát tartalmazó, nyitott elektrokémiai cella oldalnézete, a

9. ábra bipoláris alakzatba kötött, porózus elektródmáglyát tartalmazó, nyitott elektrokémiai cella oldalnézete, a

10. ábra a találmány szerinti eljárásokkal, az I. példának megfelelően dekontaminált vizes fenololdat elektromos tisztításának eredményei.

Az 1. ábrán látható a szennyezett vizes oldatok, itt a 22 tápvezetéken át bevezetett 12 szennyezett víz tisztítására szolgáló 10 elektrokémiai cella. A 12 szennyezett vizet a 10 elektrokémiai cella elektrolizáló övezetében kezeljük. Az ábrázolt cella teljesen nyitott elrendezésű, ami lehetővé teszi, hogy az elektrolitikus reakció gáz alakú melléktermékei, így 16 oxigén és hidrogén, a légkörbe távozzanak. Egyes esetekben kívánatos lehet az elektrolitikus reakció folyamán keletkezett, bizonyos potenciálisan veszélyes gázok összegyűjtése, és így annak elkerülése, hogy a légkörbe jussanak. Sólét vagy tengervíz tartalmazó vizes kifolyó áramok elektrolízise közben az anódon például klór képződhet. Az ilyen gázokat például szokványos (nem ábrázolt), vákuummal működő elszívóernyővel lehet kinyerni, amelyet a 10 elektrokémiai cella mellett helyezünk el.



A 14 elektrolizáló övezetben van egy 17 elektródmáglya, amely az 1. és 4. ábra szerint vízszintesen van elhelyezve, és tartalmaz legalább egy 18 katódot, valamint legalább egy 20 anódot. A 20 anódok például 21 véglemezekként szolgálhatnak, hogy egy összeállított 17 elektródmáglyába összefogva tartsanak egy elektródokból, távtartókból és - ilyenek használata esetén - válaszfalakból álló egységet. Az elektródok közé az áramot nem vezető 23 távtartók vannak helyezve a kívánt elektródközi rés vagy a szomszédos anódok és katódok közötti távköz tartása végett. Az 1. és 4. ábra szerinti kiviteli alakban csak egy központos katód van, és a 18 katód egymással szemben lévő oldalain anódok vannak, de nyilvánvaló, hogy az elektródmáglyák állhatnak több váltakozó anódból, távtartóból és katódból, és így tovább. A máglyán 25 csavarok mennek át, és véglemezek tartják az alkotóelemeket egy strukturálisan stabil egységben.

A véglemezek, elektródok és távtartók lehetnek általában téglalap alakúak. A találmány szerint lehetséges bármilyen más mértani alak és méret, többek között négyzet alak, kör alak, hogy csak néhányat említsünk. A szennyezett vizes elektrolitoldatot a 22 tápvezeték közvetlenül a 14 elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz táplálja. A 22 tápvezeték az ábrán központosan helyezkedik el a 21 véglemezt képező anódhoz képest. Az elektródok, amelyek lehetnek szilárdak és sík alakúak, előnyös módon hálós, illetőleg rács típusúak. Ez lehetővé teszi, hogy az elektródmáglyába belépő vizes elektrolitoldatok közvetlenül érintkezzenek az elektródokkal, és így sugárirányban, a máglyában lévő egyedi elektródfelületek oldalán lecsorogjanak



azok kerületi élei felé. A belépő oldat ezen kívül rendszerint tengelyirányban, vagy az elektródok síkjának hossz tengelyére merőlegesen áramlik, úgyhogy a szennyezett vizes oldat szökőkút-szerűen egyidejűleg sorban átmegy az elektródmáglya felett és az elektródmáglyán, hogy maximalizálja az érintkezést az elektródfelületekkel a folyamatban. A 14 elektrolizáló övezetből kilépő, szennyezőktől mentes vagy gyakorlatilag mentes 24 tisztított víz összegyűjthető egy 26 nyitott tartályban vagy elvezethető egy nem ábrázolt ürítő vezetékbe, és onnan egy természetes vízfolyásba stb.

Nyilvánvaló, hogy a szennyezett vizes oldatok közvetlen betáplálását az elektrolizáló övezetbe nem kell az 1-4. ábrán látható módon központosan elhelyezni az elektródmáglyához képest. Más lehetséges közvetlen betáplálási út többek között a betáplálási pont megfordítása, úgyhogy a szennyezett vizes oldatokat az elektródmáglya aljáról, vagy az elektródok sík felületéhez képest ferdeszögben vagy tompaszögben tápláljuk be. Ezen kívül a közvetlen betáplálás belépési pontja lehet tengelyirányú az elektródok sík felületének élével, és ekkor a szennyezett oldatot egy elektródmáglya kerületi éléhez vezetjük.

A szennyezett vizes oldat 14 elektrolizáló övezetben töltött idejének szabályozására és a dekontaminált és tisztított víz innen való szivárgásának vezérlésére alkalmas eszköz lehet egy 28 szelep és/vagy hagyományos, nem ábrázolt szivattyúzó eszköz. Az elektródmáglyába közvetlenül belépő szennyezett víz és az onnan kilépő dekontaminált víz időegységenkénti átfolyása szabványos kivitelű kézi vagy automatikus áramlásszabályozó 28 szeleppel

szabályozható. Ha az időegységenkénti átfolyás (liter/perc) be van állítva, akkor a szennyezők hatékony teljes lebontásához csak az időpontot kell beállítani, amikor a kezelt oldatnak ki kell lépnie a 14 elektrolizáló övezetből. Az adott szakterületen járatos szakemberek számára a jelen leírás ismerete alapján világos, hogy a találmány szerinti elektrokémiai cellák teljesítőképessége más módon, például az oldat elektrolizáló övezetben megtett útjának növelésével is optimalizálható. Terelőlapátok beépítése például növelheti az oldat elektrolizáló övezetben töltött idejét. Egy másik mód az elektródok felszínének növelése, ami csökkenti az elektrolizáló övezetben töltött időt. A gyakorlatban az adott szakterületen járatos elektrokémikusok számára az is világos, hogy a cella teljesítőképesség nagyobb áramsűrűséggel növelhető.

A cella geometriája és mind monopoláris, mind bipoláris elrendezés kedvező alkalmazhatósága révén gyakorlatilag bármilyen elektródanyag alkalmazható, így fémek lapos lemez, háló alakjában; hab vagy más anyagok, így grafit, üvegszerű szén, hálószerkezetű üvegszerű szén és szemcsés szén. Az elektródanyagokat kombinálni is lehet. Ilyen a kétréteges elem, amely két, alkalmas szigetelő vagy áramvezető anyagokkal elválasztott fémrétegből áll stb.

A jellegzetesen alkalmazott anódok többek között az általánosan ismert anódok, úgymint nemesfém anódok, mérettartó anódok, szén, üvegszerű szén és grafit tartalmú anódok, adalékolt gyémánt anódok, szubsztöchiometrikus titán-oxidot tartalmazó anódok és ólom-oxidot tartalmazó anódok. Specifikusabb jellegzetes példák

többek között a platinával bevont titán nemesfém anódok; a DSA-O₂ márkanéven beszerezhető anódok és más anódok, így nagy felületű anódok, mint nemezek, habok, rácsok és hasonlók, amelyeket a The Electrosynthesis Co, Inc. (Lancaster, New York, USA) forgalmaz. További anódanyagok ruténium-oxid titánon, ezüst-oxid színezüstön, platina és irídium titánon, irídium-oxid titánon, nikkel-III-oxid nikkelen, arany, szubsztöchiometrikus titán-oxidok és különösen az úgynevezett Magneli-fázisú, TiO_x képlet szerinti titán-oxidok, ahol x értéke kb. 1,67 és kb. 1,9 között van. A szubsztöchiometrikus titán-oxidok közül a Ti₄O₇-et preferáljuk. A Magneli-fázisú titán-oxidokat és ezek gyártási eljárását az US 4,422,917 számú szabadalom (Hayfield) írja le. Erre a jelen szabadalmi bejelentés részeként hivatkozunk. Ezeket a titán-oxidokat Ebonex® márkanéven a kereskedelemben is be lehet szerezni. Ha anódokként elektrokatalitikus fém-oxidokat, így PbO, RuO₂-ot, IrO₂-ot, SnO₂-ot, Ag₂O-ot, Ti₄O₇-ot és másokat használunk, akkor - mint megállapítottuk - ezeknek az oxidoknak az adalékolása különböző kationokkal és anionokkal tovább javítja az elektrokatalitikus oxidálási viselkedést és a találmány szerinti dekontaminálási reakciók stabilitását vagy vezetőképességét. Az alkalmas anódanyagok kiválasztásakor figyelembe vett tényezők a költség, az anódanyag stabilitása a kezelendő oldatokban és a nagy hatékonyság biztosításához szükséges elektrokatalitikus tulajdonságai.

Az alkalmas katódanyagok többek között fémek, így ólom, ezüst, acél, nikkel, réz, platina, horgany, ón stb., valamint szén, grafit, Ebonex, különböző ötvözetek és így tovább. A ta-

lálmány szerinti eljárásokban hasznosak a gázdifúziós elektródok is. Ezeket katódként alkalmazva oxigént vagy levegőt használható mennyiségű peroxiddá alakítanak át, minimalizálják a hidrogénfejlődést és/vagy csökkentik a cellafeszültségeket. Az elektródanyagot, legyen az anód vagy katód, be lehet vonni kis vagy nagy felszínű elektrokatalizátorral. A nagyobb felszínű elektródok, például terpesztett lemezhalók, fém vagy grafit gyöngyök, karbonnemezek vagy hálószerkezetű üvegszerű szén különösen hasznosak, mert nagyon hatékonyak a vizes elektrolitban kis koncentrációban jelenlévő toxikus vagy veszélyes anyagok teljes lebontásához.

Az adott anód- és katódanyagokat a költség, a stabilitás és az elektrokatalitikus tulajdonságok alapján választjuk ki. Az elektrokémiában járatos szakember tudja, hogy melyik elektródanyagot kell választani ha kloridot klórrá, vizet ózonná, hidroxil csoportokká vagy más reaktív oxigénfajtvá, oxigént vagy levegőt hidrogén-peroxiddá vagy hidroxil csoportokká kell átalakítani elektrokémiai úton előállított Fenton-reagens révén, például lassan oldódó, vastartalmú fémanóddal; vagy katalitikus redukálással nitrátot nitrogénné vagy szerves-halogén vegyületet kisebb toxicitású halidionokká és szerves félrészekké kell átalakítani.

Az elektrokatalitikus anód és katód kiválasztásának különös jelentősége van szennyezők komplex keverékeit tartalmazó vizes oldatok kezelésekor. Ekkor az elektródanyagokat a szennyezők páros teljes lebontására lehet kiválasztani. Például szerves anyagokkal, mikroorganizmusokkal és nitrát szennyezőkkel szennyezett

vizes áram egyidejűleg kezelhető ugyanabban az elektrokémiai cellában páros lebontási módszerek alkalmazásával, amelyekben a mikroorganizmusok elpusztítására és a szerves anyagok oxidálására reaktív oxigénfajtákat létrehozó anód, így platina vagy nióbbium vagy Ebonex anód van. Ezen kívül ugyanez a cella a nitrátok teljes lebontása végett ellátható ólom vagy más elektrolitikus anyagú katóddal.

Mint fentebb említettük, az áramot nem vezető 23 távtartók biztosítják a szükséges elektródközi rést vagy a szomszédos anódok és katódok közötti távközt. Az áramot nem vezető, polimer anyagokból, így poliolefinekből, úgymint polipropilénből és polietilénből gyártott, szigetelő porózus rácshálókként kialakított 23 távtartók vastagsága határozza meg az elektródközi rész szélességét. Egy másik változat szerint megengedett az ionos polimer távtartók alkalmazása, amelyek hatékonyan növelni tudják a cella ionos vezetőképességét. Ez tovább csökkenti a cellafeszültséget és a működési költségeket. Az elektródok közötti részben alkalmas méretű ioncserélő gyanták, így kation- és anioncserélő gyantagyöngyök vannak elmozdíthatatlanul tartva.

A legtöbb alkalmazásban az elektródközi rész az elektródok rövidre zárásának elkerülése végett a közel nulla réstől kb. 2 mm-ig terjed. Közelebbről: ez a nagyon kis, kapilláris méretű rész előnyös módon 1 mm-nél kisebb, 0,1 mm-től < 1,0 mm-ig terjed. A nagyon kis elektródközi rész lehetővé teszi, hogy az áram viszonylag nem áramvezető közegeken átmenjen. Ez például a szerves vegyületekkel szennyezett víz esete. A találmány így a nélkül teszi lehetővé oldatban lévő szennyezések megsemmisítését, hogy

vezetősókat kellene hozzáadni a vizes közeg ionos vezetőképességének növelése végett. Emellett a nagyon szűk elektródközi rés fontos előnye, hogy kisebbek a cellafeszültségek, ami kisebb áramfelvételben és kisebb működési költségekben nyilvánul meg. A találmány szerinti elektrokémiai cellák nyitott elrendezésének és a szűk elektródközi réseknek a kombinációja így kisebb egyszeri beruházási költségeket és kisebb működési költségeket igényel. Ez különösen fontos a nagy térfogatú alkalmazásokban, így ivóvíznek és szennyvíznek az oltalmazni kívánt eljárásokkal történő tisztításakor.

A 2. ábrán a találmány szerinti elektrokémiai cellák további kiviteli alakja látható. Ebben a 30 elektrolizáló övezet szintén nyitott elrendezésű. A 32 elektrolitot közvetlenül tápláljuk a 34 elektródmáglyához, amely függőlegesen van elhelyezve. Ennek következtében, mint ez az ábrán látható, a 36 kezelt vizes oldat főleg a 34 elektródmáglya felső és alsó kerületi élénél lép ki. Ez módosítható, ha például terelőlapátokat alkalmazunk a kezelendő oldat bentöltött idejének vezérlésére. A tisztított oldatot a 30 elektrolizáló övezet alatt lévő 38 edényben gyűjtjük össze.

A 3. ábrán a találmány harmadik kiviteli alakja látható. Itt a 40 elektrolizáló övezetben van egy 42 elektródmáglya, amely - mint fentebb említettük - egy nyitott 44 ház vagy tartály belsejében van elhelyezve. A 44 ház fent nyitott. Ez lehetővé teszi az elektrolitikus reakció gáz alakú melléktermékeinek, például oxigénnek és hidrogénnek a könnyű ürítését a légkörbe vagy összegyűjtését egy alkalmas eszköz, például egy nem ábrázolt

elszívóernyő segítségével. A 46 szennyezett vizes elektrolitoldatot közvetlenül a nyitott 44 házban elhelyezett 42 elektródmáglyához vezetjük, eltérően más tartályos celláktól, amelyekben az elektródot az oldatot közvetve kapják úgy, hogy bemerülnek a tartályba szállított oldatba. A gravitációs erők hatására lefelé folyó 48 tisztított víz a 44 ház belsejének felén összegyűlik, és innen eltávolítjuk.

A találmány szerinti nyitott elrendezésű elektrokémiai cellák fontos előnye, hogy könnyen kialakíthatók akár monopoláris, akár bipolaris elrendezésben. Az 5. ábrán látható egy monopoláris, nyitott elrendezésű elektrokémiai cella. Az 5. ábra szerinti monopoláris cellában mindegyik, 52, 54 és 56 anódnál szükség van villamos csatlakozóra, mint áramellátásra, ami ebben az esetben az 58 gyűjtősínen, mint közös „külső” tápvezetéken át történik. Hasonlóképpen a 60 és 62 katódnál is szükség van villamos csatlakozóra. Ezt a közös 64 gyűjtősínnel ábrázoltuk. A monopoláris cellának jellemzője az is, hogy mindegyik elektród mindkét oldala aktív és a polaritásuk azonos.

Mivel a víztisztítás egy város vagy község számára általában nagy térfogatú alkalmazás, ezért az áramfogyasztás minimalizálása végett fontos, hogy a cellafeszültségek a lehető legkisebbek legyenek. A találmány szerinti nyitott elrendezésű, monopoláris cella a nagyon szűk elektródközi résekkel kombinálva nemcsak a kisebb egyszeri beruházási költség előnyével jár, hanem a kisebb belső ellenállások, kisebb cellafeszültségek és nagyobb áramsűrűségek révén a működési költségek is kisebbek. Ez a kombináció különösen kívánatos, ha a találmány bizonyos kiviteli alakjai

szerint viszonylag kis vezetőképességű szennyezett vizes közeget, például nempoláris, szerves oldószerekkel szennyezett vizes oldatokat szervetlen sók, mint vezetőképességet fokozó anyagok hozzáadása nélkül kezelünk.

A találmány szerinti nyitott elrendezésű, monopoláris, vezérelt szivárgású és nagyon szűk elektródközi réssel rendelkező elektrokémiai cellák a Beck és társai US 4,048,047 számú szabadalma szerinti cellákhoz képest egészen egyedülállóak. Beck és társai elektrokémiai cellájának zárt elrendezése nagyon nehéz és költségessé teszi a monopoláris kötést a vele járó nagy áram-sűrűségekkel, ahol minden elektródnál külső villamos érintkezések vannak. A találmány szerinti elektrokémiai cellák nyitott elrendezése ezzel szemben megkönnyíti villamos kötéseket az egyedi elektródokhoz, tekintet nélkül arra, hogy a cella monopoláris vagy bipoláris. Így Beck és társai zárt bipoláris elektrokémiai cellája nem gazdaságos és nem versenyképes a találmány szerinti tökéletesített elektrokémiai cellákkal vagy a nagy térfogatú víztisztítási folyamatokban használt más, nem elektrokémiai technológiákkal.

Mint fentebb említettük, a találmány szerinti nyitott elrendezésű, vezérelt szivárgású, nagyon szűk elektródközi réssel rendelkező elektrokémiai cellák könnyen kialakíthatók bipoláris elrendezésben is. A 6. ábrán látható egy találmány szerinti, nyitott elrendezésű bipoláris 70 elektrokémiai cella, amelyben csak két „külső”, 72 és 74 villamos érintkezőre van szükség két, 76 és 78 végelektrod, illetőleg véglemezen át. A bipoláris cella mindegyik, 80, 82 és 84 belső elektródjának az egymással szemben

lévő oldalain különböző polaritása van. A bipoláris cella teljesen gazdaságos lehet azzal, hogy hatékonyan használja ugyanazt az áramot az elektródmaglya mindegyik cellájában, de a találmány egyik fontos kiviteli alakja szerint az oldatokat úgy kezeljük, hogy nagyon szűk elektródközi réseket használva áramot vezetünk át viszonylag nem áramvezető közegeken. Ez azt jelenti, hogy a szennyezett vizes oldatnak viszonylag kis, nagyjából a vízvezetési vízzel megegyező vezetőképessége lehet. Az ilyen oldatok hatékony kezeléséhez kívánatosak a nagy áramsűrűségek. A találmány szerinti monopoláris cellák lehetővé teszik a működést a kívánt kis cellafeszültségeken és nagy áramsűrűségekkel. Ezt ugyan külön nem ábrázoltuk, de nyilvánvaló, hogy a találmány szerinti elektrolizáló cellákban szokványos villamos tápegységeket használunk, többek között egyenfeszültségű tápegységet, váltakozó feszültségű tápegységet, impulzusüzemű tápegységet és akkumulátoros tápegységet.

A találmánynak tárgya olyan nyitott elrendezésű elektrokémiai cella is, amelyben a szennyezett vizes elektrolitoldat számára elosztó van, például több nyílással vagy pórussal ellátott 81 csődarab vagy a szennyezett vizes elektrolit betápláló nyílásából az elektrolizáló övezetben lévő elektródmaglya mélységén át kiterjedő tápcső. Ez egyenletesebbé teheti az oldat áramlását az elektródelemekhez. A sok elektródelemet tartalmazó maglyákhoz különösen hasznosak ezek a porózus fém vagy műanyag csövek. Ezeket a kellő porozitású, átmérőjű és hosszúságú csöveket nyitott elrendezésű monopoláris, bipoláris és „piskótaroládszerű” cellákban lehet alkalmazni. Mély cellamaglyáknál, amelyekben mind-



egyik elektródelemnek nagyobb felszíne van, egynél több porózus tápcső lehet, amelyek össze vannak kötve a bemenő tápvezetékkel.

A találmány szerinti nyitott elrendezésű, vezérelt szivárgású elektrokémiai cellákat a leghatékonyabban a korábban tárgyaltaknál nagyobb ionos vezetőképességgel rendelkező vizes oldatok tisztítására lehet alkalmazni, ahol kisebb áramsűrűségeken lehetővé teszik a gazdaságos működést. A találmány szerinti cellák nyitott elrendezése minden esetben - akár monopoláris, akár bipoláris cella esetén - megkönnyíti a villamos kötést.

Nagyon célszerű, ha a nagy térfogatú alkalmazások, így a víztisztítás kis beruházási és működési költségeket igényelnek, hogy gazdaságilag vonzók legyenek. A feltalálók megállapították, hogy a beruházási költségeket jelentősen csökkenti, ha nincs szükség pontosan megmunkált alkatrészekre, tömítőgyűrűs tömítésekre, drága membránokra és cellaválaszfalakra. Kisebb működési költségeket lehet elérni a szűk elektródközi rések által lehetővé tett kisebb cellafeszültségek, valamint - a cellamembránok és cellaválaszfalak elhagyása, vagyis osztatlan elektrokémiai cellák következtében - kisebb belső ellenállás révén. A kisebb elektródközi rés emellett lehetővé teszi a találmány szerinti cellák különböző elektródokkal, szigetelő anyagokkal stb. való működését szerves közegben, amely például kis koncentrációban vezetősót tartalmaz. Sok ilyen alkalmazás könnyen adaptálható a találmány szerinti nyitott cellaelrendezéshez, de anolit és katolit rekeszeket képező cellaosztóval, például membránokkal vagy cellaválaszfalakkal. A találmány szerinti elektrokémiai cellákkal megvalósítható hasznos folyamat például közvetett re-

akció elektrokémiai szintézisben. Itt a membrán vagy válaszfal rendeltetése a katódnál anódosan létrehozott termékek redukálásának és/vagy az anódnál katódosan létrehozott termékek oxidálódásának megakadályozása.

A 7. ábrán jellegzetes nyitott elrendezésű 90 elektrokémiai cella látható, amely 92 és 94 anódlemezeket (véglemezeket), központos 96 katódot, valamint az elektródok között elhelyezett kationcserélő 98 és 100 membránt tartalmaz. A 98 és 100 membrán megakadályozza az anolit és a katolit keveredését a cellában, míg az oldat szabadon átfolyhat a membrán közepén lévő 102 nyíláson.

Az elektrokémiai cella diafragmát vagy válaszfalat tartalmazó kiviteli alakjai előnyös módon ioncserélő membránokkal vannak ellátva, bár porózus diafragma típusú válaszfalakat is lehet használni. A kereskedelemben széles választékban kaphatók porózus diafragmaként vagy válaszfalként alkalmas inert anyagok, amelyek mikroporózus, vékony, polietilénből, polipropilénből, polivinilidén-difluoridból, polivinil-kloridból, politetrafluóretilénből (PTFE), polimer-azbeszt elegyből stb. álló filmekben alapszanak.

Hasznos kationos és anionos típusú, permszelektív [?] membránokat a kereskedelemben sok gyártótól és szállítótól lehet beszerezni, így a RAI Research Corp.-tól (Hauppauge, New York, USA) Raipore márkaneven; az E. I. Dupont-tól, a Tokuyama Soda-tól, az Asahi Glass-tól és másoktól. Általános stabilitásuk miatt a legelőnyösebbek a fluórozott membránok. A permszelektív [?] ioncserélő membránok különösen hasznos osztálya a perfluór-



szulfonsav membránok, így az E. I. Dupont cégtől Nafion® márkaneven beszerezhető membránok. A találmány kiterjed a szilárd polimer elektrolit kompozitokká formált membránokra és elektródokra is, vagyis legalább az egyik elektród, a katód vagy az anód, vagy mindkettő az ioncserélő membránhoz van kötve, és ezzel integrált alkotóelemet képez.

Bár a találmány korábban taglalt kiviteli alakjaiban elektródmaglyákról, például az 1. és 2. ábra szerinti 17 és 34 elektródmaglyáról stb. volt szó, de ezek az elektródmaglyák egyedi, egyetlen anódelemből és egyetlen katódelemből állnak, amelyeket szűk elektródközi rések választanak el egymástól. A 4. ábrán robbantott alakban ábrázoltunk jellegzetes elektródmaglyákat, amelyek egyetlen sík rácselemből álló, saját külső 19 villamos érintkezővel ellátott 18 katódot tartalmaznak. A 18 katód mindegyik oldalán nem áramvezető, porózus 23 távtartók gondoskodnak a kívánt elektródközi résekről, amelyek a katódelemet elválasztják a szomszédos 20 anódotól (véganódotól). A 4. ábrán látható elektródmaglyában ugyan egyetlen katódrács van a 20 anódok között elhelyezve, de nyilvánvaló, hogy a találmány szerinti nagyobb kapacitású ipari és félüzemi cellákban rendszerint több, váltakozó anódból és katódból álló cellamaglyák vannak, és monopoláris elrendezésben mindegyik elektródnak van egy külső villamos érintkezője.

A találmány szerinti elektrolizáló celláknak ezek a nagyobb változatai, amelyeknél az elektródoknak nagyobb felszínnel kell rendelkezniük, gazdaságosabban hozzák létre ezt az eredményt úgy, hogy több egyedi porózus elektródelem van egymásra helyez-

ve, ahogyan ez a 8. és 9. ábrán látható. Több, áramvezető porózus elemekből, például hálókából vagy rácsokból álló elektródelem van egymás mellett és egymással villamosan érintkezve, vagy monopoláris (8. ábra), vagy bipoláris (9. ábra) nyitott cellaelrendezésben elhelyezve.

A cella nyitott kiviteli alakjában akár az anódok, akár a katódok, akár mind az anódok, mind a katódok kialakíthatók több elektródelemből. A több elektródelemből álló anódmáglya tehát egy egyetlen elektródelemből álló katóddal villamos érintkezésben tartható és a katód mellett elhelyezhető, és fordítva. Ez a legjobban a 8. ábrán látható, ahol a cella 105 véglemezek között tartott, monopoláris nyitott 104 cellából áll, és több porózus 106 anódelem van egyetlen elemből álló 108 katódok között elhelyezve. A 108 katódokat porózus katódokként ábrázoltuk, de lehetnek nem porózus, lemezelektródok is. A 106 anódelemeket porózus, nem áramvezető 107 távtartók választják el a 108 katódoktól. A 106 anódmáglyáknál előnyös módon csak egyetlen „tápláló” 110 elektródra van szükség, amely egy, az egyik oldalon lévő feszültséget visz át ugyanennek a máglyának a vele érintkező más elektródelemeire. Az elektródelemeket így egymásra helyezve a nélkül lehet a hatásos elektródfelületet jelentősen növelni, hogy növelni kellene a 113 feszültségforrással összekötő külső 112 villamos érintkezők számát, amire különben szükség lenne. Ez nemcsak minimalizálja a külső villamos csatlakozók költségeit és az elektródok egyszeri beruházási költségeit, hanem a működés hatékonyságát is javítja, aminek eredményként kisebbek lesznek a

cellafeszültségek és csökken az áramfogyasztás. Ez kisebb működési költségeket jelent.

Az elektródok áramvezető porózus elemei gyárthatók például fémből vagy szénből, és alakjukat tekintve lehetnek perforált fémlamezek, hegesztett sodronyszövet, szövött sodronyszövet, terpesztett lemezhaló, szénnevez, szövött szénszövet, hálószerkezetű üvegszerű szén, ideértve a fémhabokat, például szivacs-szerű tulajdonságokkal rendelkező nikkelhabot. Kereskedelemben beszerezhető perforált fémlamezek például a kis széntartalmú acéllemezek és a 316 jelű mikromaratott rozsdamentes acéllemezek egyforma és pontos méretű lyukmintákkal. A hegesztett sodronyszövet lehet 304 jelű rozsdamentes acélszövet és rozsdamentes szövött sodronyháló. A sodronyszövet szövött vagy hegesztett fémhuzalból készül, és különböző lyukméretekkel szerezhető be. 304 jelű rozsdamentes acélből is készülhet. A terpesztett lemezhaló hasított és nyújtott lemezekből áll. A lapok, illetőleg lemezek könnyűek, de szilárdak a nyílásaik rombusznyaláb mintázata révén. Ezeket általában szénacélből és 304 jelű rozsdamentes acélből gyártják.

A találmány kiterjed az egyetlen cellában elektródelemekként használt különböző porózus anyagok kombinációjára, amivel például az oxidálási és redukálási effektust kombináltan lehet megvalósítani. Az elektródok áramvezető porózus elemeinek pórus-sűrűsége 1 és kb. 500 szem/lineáris hüvelyk között lehet. Az áramvezető porózus elemek nyitott területe kb. 10 és kb. 90 % között lehet. Egyes elemek, például habok porozitása 1 és 1000 pórus/lineáris hüvelyk között, sűrűségük 5 és kb. 85 % között le-

het. Az elektródelemeket lehet egyszerűen, szoros villamos érintkezésben egymásra raknak vagy össze lehet hegeszteni egymással és a tápláló elektróddal, amint ez alkalmas arra, hogy villamos összeköthetőség legyen a máglya valamennyi tagján át.

A 9. ábrán is a 8. ábra szerintihez hasonló nyitott 114 elektrolizáló cella látható, de bipoláris elrendezésben, amelyben minden közbenső 116 elektródmáglya több porózus elektródelemből áll. Mindegyik elektródmáglya egyedi elemei villamosan érintkeznek ugyanennek a máglyának a többi tagjával. Az áram a 118 véglemez-anódokon át jut a cellába. A 116 elektródmáglyákat porózus 120 távtartók tartják egymástól bizonyos távolságban.

Egy „tápláló” elektróddal vagy a nélkül használható elektródelemek optimális száma több változótól függ, többek között az egyes porózus elemek vastagságától, a kezelendő oldat vezetőképességétől és az egész cella kialakításának optimumától. A tápláló elektródon kívül az elektródelemek száma (lásd a 8. ábrát) 1 és 100 között, elsősorban 1 és 10 között lehet. A „tápláló” elektród állhat ugyanolyan szerkezeti anyagból, mint az egyedi elektródelemek, de állhat más anyagból is, feltéve, hogy elektrolizálási feltételek között stabil és áramvezető.

Oldatok tisztításakor a találmány lehetővé teszi kis vezetőképességű közegek kezelését. Szükség lehet azonban nagyon kis koncentrációban inert oldható sók, így alkáli fémsók, például - hogy csak néhányat említsünk - nátrium-szulfát, kálium-szulfát, nátrium-klorid, kálium-klorid, nátrium-foszfát vagy kálium-foszfát hozzáadására. Alkalmazni lehet stabil kvaterner ammóniumsókat is. Mint fentebb említettük, alkalmas méretű ion-

cserélő gyantagyöngyöket lehet az elektródközi terekbe a vezetőképesség növelése végett behelyezni. Ez tovább csökkenti a cellafeszültséget és a teljes működési költségeket.

A cellába belépő szennyezett oldatok hőmérséklete a fagyponthoz közelítől a forrpontig terjedhet, elsősorban kb. 40° és 90°C között van. A magasabb hőmérsékletek kedvezőek lehetnek a cellafeszültségek csökkentése és a szennyezők lebontási arányának fokozása szempontjából. Ilyen magasabb hőmérsékleteket szükség esetén a beérkező oldat előmelegítésével, az elektródok fűtésével vagy a cellában belső ellenállásos fűtéssel lehet létrehozni, különösen akkor, ha az oldat vezetőképessége kicsi, mint például ivóvíz tisztításakor. A cellafeszültség és a cellában töltött idő alkalmas beállításával lehetségesek a fenti tartományba eső kedvező hőmérsékletek.

A találmány előnyös kiviteli alakjaként, szennyezett vizes oldatok tisztítására szolgáló osztatlan cellaként különböző hasznos anyagokat lehet az elektrolízis közben az anódon és a katódon előállítani, amelyek elősegítik a szennyezők kémiai lebontását és a vizes oldatok tisztítását. Ilyen anyagok az oxigén, ózon, hidrogén-peroxid, hidroxil csoport és más reaktív oxigénfajták. Kevésbé előnyös, de a folyamatban hasznos anyagokként sólé vagy tengervíz elektrolízise révén klórt vagy hipokloritot (fehéritőszert) lehet előállítani. A toxikus szerves anyagokkal és mikroorganizmusokkal szennyezett vizes oldatok dekontaminálásakor, elszíntelenítésekor és fertőtlenítésekor végbemenő folyamatok specifikus működési mechanizmusát nem kívánjuk meghatározni, de több folyamat, beleértve a korábban em-

lítetteket, mehet végbe egyidejűleg. Ezek többek között a szennyvezők közvetlen oxidálása az anódon; a betáplált áram oxigénezése az anódon előállított oxigén mikrobuborékokkal; a betáplált áramban lévő illó anyagok gáztalanítása oxigén és hidrogén mikrobuborékokkal; fűtés a cellában a belső ellenállással; a nyitott cellát elhagyó vízáram levegőztetése és így tovább.

A találmány szerinti nyitott cellás elrendezésben, a találmány szerinti, itt leírt eljárásokkal vegyületek, mikroorganizmusok és más veszélyes anyagok, például fémionok széles skáláját lehet sikeresen lebontani vagy eltávolítani. Jellegzetes példák az alifás alkoholok, fenolok, nitrátózott vagy halogénezett aromás vegyületek stb. Megvalósítható színezettség csökkentése vagy teljes megszüntetése, emellett fertőtlenítés, beleértve vírusok elpusztítását.

Sokféle fémsó van vizes oldatokban, beleértve toxikus fémeket ionalakban galvanizáló fürdők kifolyó vizeiben, fémfosztó fürdőkben, biocid keverékekben, festékekben stb., amelyeket nehéz eltávolítani vagy kinyerni ioncsere útján, vagy hagyományos kémiai vagy elektrokémiai módszerekkel. Ilyen fémek, hogy csak néhányat említsünk, a nemesfémek, így platina, ezüst és arany, továbbá nem nemesfémek, így réz, nikkel, kobalt és ón. A törvényes előírások egyre szigorúbbakká válnak ezeknek a fémeknek a vízi útjainkba üríthető maximális megengedett szintjei tekintetében. Ezeket az oldhatóvá tett fémoldatokat gyakran nehéz kezelni, mert más alkotóelemek is jelen lehetnek, mégpedig jellegzetesen komplexképző szerek, felületaktív szerek, redukáló szerek és más, hasonló típusú anyagok.

Ennek megfelelően a találmány kiterjed veszélyes fémionokkal szennyezett vizes oldatok elektromos tisztítására is. Ezeket az oldatokat az itt ismertetett nyitott elektrokémiai cellában, a korábban taglalt eljárásokkal kezeljük. Ennek során dekontamináljuk az oldatokat fémnek a nyitott cella katódjain végbemenő redukálásával, valamint kezeljük a galvanizáló fürdők kifolyó vizeiből, fémfosztó fürdőkből, biocid keverékekből és festékekből és más szennyezett ipari vizes oldatokból származó fémionokat, amely fémek komplexképző szerekkel, felületaktív szerekkel vagy redukáló szerekkel komplexeket hoztak létre. Az oldat alkotóelemeit, beleértve a komplexképző szereket, először elektrokémiailag lebontjuk, ami jelentősen megkönnyíti a fémek kinyerését, illetőleg eltávolítását az oldatokból. A jellegzetes komplexképző szerek cianidok, ferricianidok, tioszulfátok, imidek, hidro-karboxilsavak, így borkősav, citromsav és tejsav stb. Ez az eljárás hatékonyan felszabadítja az ionizált fémet a cellában történő redukáláshoz vagy eltávolításhoz, illetőleg kinyeréshez. Egy másik változat szerint a részben kezelt vizes oldat a nyitott cellán kívül kezelhető olyan eljárásokkal, mint az ioncsere, kicsapatás lúggal, elektrolízissel fémkinyerő elektrokémiai cellában, mint amilyen a Renovare International által gyártott Renocell®. Ez az utóbbi eljárás lehetővé teszi a fém leválasztását egy nagy felszínű katódra.

A következő jellegzetes példák illusztrálják a találmány különböző kiviteli alakjait, de tisztában kell lenni azzal, hogy ezek csak szemléltetést céloznak, és nem jelentenek teljes meghatározottságot sem a feltételek, sem a terjedelem tekintetében.

I. PÉLDA

Egy monopoláris, nyitott elrendezésű elektrokémiai cellát elláttunk egy elektródmáglyával, amely 316 jelű rozsdamentes acélból készült véglemezeket tartalmazott. Ezek átmérője 12,065 cm, vastagsága 0,95 cm volt. A véglemezek katódként voltak kapcsolva. A máglyába beépítettünk egy központos katódot, amely 316 jelű rozsdamentes acél hálóból állt. Ebben a nyílások száma 7,8 x 7,8 nyílás/lineáris cm volt. A huzal átmérője 0,46 mm, a nyílás szélessége 0,81 mm, a nyitott terület 41 % volt. Az anódokat a Blake Vincent Metals Corp. (Rhode Island, USA) által gyártott két, platinával bevont nióbbium elektród képezte. A nióbbium alap mindkét oldalán bevont anódok vastagsága 635 μm volt. Az anódokat széthengereltük kb. 0,51 mm vastag hálóvá, amelyben 1,59 mm-es, rombusz alakú lyukak voltak. A szomszédos elektródok közé helyezett távtartókat polipropilén hálóból készítettük. Ebben a nyílások száma 8,27 x 8,27 nyílás/lineáris cm volt. A huzal átmérője 0,398 mm, a nyílás szélessége 0,84 mm, a nyitott terület 46 % volt. A polipropilén hálót a McMaster-Carr of Cleveland (Ohio, USA) szállította. Az elektródok közötti rés közelítőleg 0,4 mm volt, amit a polipropilén háló vastagsága határozott meg. Az elektrokémiai cella felépítése megegyezett az 1. ábra szerintiivel, kivéve azt, hogy az elszívóernyőt elhagytuk. A vizes oldatot az üveg gyűjtőtartály és a cella között egy AC-3C-MD March centrifugálszivattyúval keringtettük kb. 1 liter/perc átfolyással. Egy Sorensen DCR 60-45B tápegységet használtunk arra, hogy a cellán a szükséges feszültségesést létrehozza.

Kísérleti oldatot készítettünk, amely 1 liter vízvezetéki vízben 1 g fenolt tartalmazott. Az oldatot keringtettük a cellában, miközben azon 25 A állandó áramot vittünk át. Az oldat kezdetben átlátszó volt, majd 2-3 perces kezelés után vörössé vált. Ez feltehetőleg kinon típusú intermedierek jelenlétére utalt. A kezdeti 35 V cellafeszültség gyorsan 8-9 V-ra csökkent, és az oldat hőmérséklete kb. 56-58°C-on stabilizálódott. A vett mintákat időszakosan teljes szerves karbonra elemeztük. A 10. ábrán látható eredmények azt sugallják, hogy a teljes szerves karbon csökkenésének oka az, hogy a fenol valószínűleg teljesen széndioxiddá oxidálódott, ami azután gázként távozott az oldatból.

II. PÉLDA

Textilgyári kifolyó vízben a színezettség csökkenésének kimutatásához vízvezetéki vízzel 1 liter oldatot készítettünk, ami 0,1 g Remazol™ Black B textilfestéket (Hoechst Celanese), 0,1 g Tergitol™ 15-S-5 felületaktív szert (Union Carbide) és 1 g NaCl-ot tartalmazott.

A kísérleti oldat összetétele hasonló volt a textilfestési folyamatokban keletkezett tipikus elfolyó vizekéhez, ahol a Remazol Black még nagyon kis koncentrációban is igen erősen elszínezi az oldatokat. A Remazol Black különösen nehezen kezelhető textilfesték. Ezért a Remazol Black kezelésére használt más eljárások, például ozonálás vagy hipoklorit fehérítőszer, nem csökkentették kellően a színt.

A fenti, Remazol Black-et tartalmazó oldatot az I. példában ismertetett monopoláris cellában elektrolizáltuk 25 A állandó

árammal. A cellafeszültség kb. 25 V volt, és az oldat hőmérséklete 52°C-t ért el. Az oldat kezdeti színe sötétkék volt. 10 perc elektrolízis után az oldat színe rózsaszínűre változott, és 30 perc után az oldat gyakorlatilag színtelen volt.

III. PÉLDA

További kísérletet végeztünk talajvíz dekontaminálásának bemutatására. A talajvíz jellegzetes szennyezői a növényi anyagok lebomlásakor keletkezett humuszsavak. A humuszsavakat tartalmazó víz még kis koncentráció esetén is erősen színezett, és a színezettség megszüntetése nehéz lehet.

Vízvezetéki vízben sötétbarna oldatot készítettünk, amely humuszsav nátriumsókjából 30 ppm-et tartalmazott (Aldrich), és nem tartalmazott semmi adalékot az oldat villamos vezetőképességének növelésére. Az oldatot az I. példa szerintihez hasonló, de csak anóddal és két katóddal ellátott, monopoláris elektrokémiai cellában keringtettük. 2,5 órán át 10 A áramot vezettünk át a cellán. A cellafeszültség 24-25 V volt, a hőmérséklet 58°C-t ért el. A kísérlet végén az oldat teljesen átlátszó volt, ami bizonyította a humuszsav hatékony lebontását.

IV. PÉLDA

További kísérletet végeztünk annak kimutatására, hogy a tárlmány szerinti elektrokémiai cellák és eljárások hatékonyak élelmiszerfeldolgozó üzemek kifolyó vizeinek fertőtlenítésére és kémiai oxigénigényének csökkentésére.

Egy mexikói malátagyártó cégtől kapott 250 ml szennyvizet az I. példa szerintihez hasonló, monopoláris elektrokémiai cellában kezeltünk, azzal az eltéréssel, hogy a teljes anódfelszín 6 cm^2 volt. A célok a következők voltak: a kémiai oxigénigény csökkentése, a színezettség részleges vagy teljes megszüntetése, a mikroorganizmusok és a szag megszüntetése.

1 A áramot vezettünk át 150 percig. A 22 V kezdeti cellafeszültség 17,5 V-ra csökkent, és az oldat hőmérséklete 44°C -t ért el.

Az eredményeket az alábbi táblázat tartalmazza:

	Kezdeti	Végső
Oxigénigény	1700 ppm	27 ppm
Szín	sárga-narancssárga	színtelen
Mikroorganizmusok	aktívak	fertőtlenítve
Szag	van	nincs

V. PÉLDA

További kísérletet végeztünk annak kimutatására, hogy a táblázat szerinti elektrokémiai cellák és eljárások hatékonyak festék eltávolítására egy lépéses elrendezésben.

Vízvezetéki vízben 15 ppm koncentrációban metilbolya festéket tartalmazó oldatot keringtettünk az 1. példa szerintihez hasonló monopoláris nyitott elektrokémiai cellában, egy lépéses üzemmódban, 250 ml/perc átfolyással. A cél a festék teljes eltávolítása volt.

25 A áramot vezettünk át. A cellafeszültség 25 V volt, és az oldat hőmérséklete 65°C-t ért el.

Egy lépés után szintelen oldatot kaptunk.

VI. PÉLDA

Kísérlet végezhető a nyitott elrendezésű elektrokémiai cella kemikáliák, a jelen esetben nátrium-hipoklorit elektromos szintézise terén fennálló hasznosságának igazolására.

Az I. példa szerinti elektrokémiai cellát úgy módosítottuk, hogy az anódokat katalitikus klórt fejlesztő anódokkal helyettesítettük. Ilyen anódok az Eltech Systems által gyártott DSA® anódok. Literenként 10 g nátrium-kloridot tartalmazó sólet vezettünk be az elektrolizáló övezetbe, ahol az anódon klór, a katódon nátrium-hidroxid keletkezik. Hagyjuk, hogy a klór és a marónátron a cellában reagáljon, és híg vizes nátrium-hipoklorit fehérítőszer oldatot hozzon létre.

VII. PÉLDA

A több, egymás mellett elhelyezett és egymással villamosan érintkező áramvezető, porózus elemet tartalmazó elektródokkal ellátott, nyitott cellaelrendezés alkalmasságának igazolására kísérletet végeztünk a 8. ábrán látható monopoláris cellaelrendezéssel. A cella Pt/Nb szövött hálóból készült anóddal volt ellátva. A hálóban lineáris hüvelykenként 10 pászma volt. Két Pt/Nb háló villamosan érintkezett egymással és egy harmadik, tápláló elektródként szolgáló Pt/Nb háló tetejére volt ráhelyezve. A harmadik Pt/Nb háló egyenáramú tápegység pozitív kapcsára

volt kötve. A katódelemet egyetlen nikkelháló képezte, amely az egyenáramú tápegység negatív kapcsára volt kötve.

A kezelendő elektrolit egy liter, vizes áram nélküli nikkelezésből származó kifolyó vízhez 60°-on hozzáadott 5 g nátrium-klorid. A kifolyó víz 60 g nikkelsót, 25 g nátrium-hipofoszfítot tartalmazott és kémiai oxigénigénye 20,000 ppm volt. Az elektrolízist 55 mA/cm² áramsűrűséggel, 5,5 V cellafeszültségen végeztük, míg a kifolyó víz kémiai oxigénigénye a kiinduló értéknek kb. 10 %-ára nem csökkent. A kifolyó vizet ezután nagy felszínű szénkatóddal ellátott elektrokémiai cellában kezeltük, hogy az oldatban maradt nikkelt nagyobb részét leválásszuk.

Ez mutatja, hogy a komplexképző szerek az áram nélküli galvanizáló fürdő kifolyó vizében lebomlottak, és fémionok váltak szabaddá, amelyeket le lehet választani.

Bár a találmányt különböző kiviteli alakjai kapcsán írtuk le, ezek a kiviteli alakok csak példaképpeniek. Az adott szakterületen járatos szakemberek számára a fenti részletes leírás alapján nyilvánvaló, hogy a találmánynak számos változata és módosítása lehetséges. A csatolt igénypontok szelleme és terjedelme kiterjed mindezekre a változatokra és módosításokra.

SZABADALMI IGÉNYPONTOK

1. Elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy nyitott elrendezése van, és egy elektrolizáló övezetben (14) elhelyezett elektródokként az elektródközi rész a cellafeszültséget és a belső ellenállást minimalizálva legalább egy anódot (18) és legalább egy katódot (20), az elektroditoldatot közvetlen, az elektrolizáló övezetben (14) lévő elektródokhoz tápláló eszközt, valamint egy, elektrolitoldatnak elektrolizáló övezetben töltött idejét szabályozó eszközt tartalmaz.

2. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy az elektrolitoldat és/vagy a gáz alakú melléktermékek szivárgása a elektrolizáló övezetből (14) vezérelve van.

3. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy elektromos tisztító cellaként szennyezett vizes oldatok kezelésére szolgál.

4. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy elektromos szintetizáló cellaként szerves vagy szervetlen kemikáliák előállítására szolgál.

5. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy az elektródok monopoláris vagy bipoláris elrendezésbe vannak kötve.

6. Az 5. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy legalább az egyik elektród több áramvezető porózus elemet tartalmaz, amelyek egymás mellett vannak elhelyezve és villamosan érintkeznek egymással.

7. A 6. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy az áramvezető porózus elemek fémből vagy szénből készülnek.

8. A 6. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy az elektródok áramvezető porózus elemei a perforált fémeket, hegesztett sodronyszövetet, szövött sodronyszövetet, expandált fémeket, szénemezt, szövött szénszövetet, hálószerkezetű üvegszerű szenet és fémhabot tartalmazó csoportból függetlenül kiválasztott anyagból állnak.

9. A 6. igénypont szerinti elektrolizáló cella, amelyben az elektródok több áramvezető porózus elemet tartalmaznak, azzal jellemezve, hogy tartalmaz egy tápláló elektródot és 1-100 járólékos áramvezető porózus elemet, amelyek villamosan össze vannak kötve a tápláló elektróddal.

10. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy a bentöltött időt szabályozó eszközt szivattyú, szelep, vagy szivattyú és szelep kombinációja képezi.

11. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy az elektrolitoldat egyenletesen oszlik el az elektródok felett.

12. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy az anódok elektrokatalitikus anódok, amelyek reaktív oxigénfajtákat állítanak elő.

13. A 12. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy az elektrokatalitikus anódok szerkezeti anyaga a nemesfémeket, ón-oxidot, ólom-dioxidot, szubsztöchiometrikus ti-

tán-oxidot és adalékolt gyémántot tartalmazó csoportból van kiválasztva.

14. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy a katódok nitrátok lebontása végett elektrokatalitikus katódok.

15. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy a katódok oxigénnek vízzé vagy peroxiddá való redukálására alkalmas gázdiffúziós katódok.

16. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy osztatlan elektrokémiai cella képezi.

17. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy anolit és katolit rekesz létrehozása végett osztó elem van az anód és a katód között.

18. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy tartalmaz legalább egy érzékelőt, amely a pH-érzékelőket, ultraibolya fényt érzékelőket, látható fényt érzékelőket, hidrogén-érzékelőket és klór-érzékelőket tartalmazó csoportból van kiválasztva.

19. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy tartalmaz legalább egy tápegységet, amely az egyenfeszültségű tápegységeket, váltakozó feszültségű tápegységeket, impulzusüzemű tápegységeket és akkumulátoros tápegységeket tartalmazó csoportból van kiválasztva.

20. Az 1. igénypont szerinti elektrolizáló cella, azzal jellemezve, hogy érzékelőket és számítógépes eszközöket tartalmaz, amelyek bemeneti jeleket kapnak az érzékelőktől és kimenő jeleket szolgáltatnak az elektrolizáló cella legalább egy működési

paraméterének vezérléséhez, amely az áramsűrűséget, az elektrolizáló cellába áramló szennyezett vizes oldat időegységkénti átfolyását, a hőmérsékletet és az elektrolit pH-ját tartalmazó csoportból van kiválasztva.

21. Eljárás szennyezett oldat elektromos tisztítására, azzal jellemezve, hogy egy

- egy elektrolizáló cellát előkészítünk, amely egy elektrolizáló övezetben elhelyezett elektródokként legalább egy az elektródközi rész a cellafeszültségét és belső ellenállást minimalizáló anódot és legalább egy katódot, a cella tartalmaz továbbá eszközt, amely az elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz egy szennyezett elektrolitoldatot közvetlenül tápláló eszközt, valamint eszközt, az elektrolizáló övezetben lévő elektrolitoldat bentöltött idejét szabályozó a benne lévő szennyezők módosító eszközt tartalmaz;
- a szennyezett oldat elektrolizálása és a benne lévő szennyezők módosítása végett elektrolizáló cellába szennyezett vizes elektrolitoldatot vezetünk be; és
- szennyezett vizes oldat elektrolizálása és a benne lévő szennyezők módosítása végett az elektrolizáló cella elektródjaira feszültséget adunk.

22. A 21. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az elektrolitoldat és/vagy a gáz alakú melléktermékek szivárgását az elektrolizáló övezetből (14) vezéreljük.

23. A 21. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az elektródok monopoláris vagy bipoláris elrendezésbe vannak kötve.

24. A 23. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy legalább az egyik elektród több áramvezető porózus elemet tartalmaz, amelyek egymás mellett vannak elhelyezve és villamosan érintkeznek egymással.

25. A 21. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a közvetlenül az elektródokhoz táplált elektrolitoldat a szerves vegyületeket, szervetlen vegyületeket, mikroorganizmusokat, vírusokat, fémionokat és ezek keverékeit tartalmazó csoportból kiválasztott szennyezőket tartalmaz.

26. A 21. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a vizes elektrolitoldat a baktériumokat, spórákat, cisztákat, protozoákat, gombákat és ezek keverékeit tartalmazó csoportból kiválasztott mikroorganizmusokat tartalmaz.

27. A 21. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az elektrolizáló cellába bevezetett elektrolitoldat festéket vagy színezettséget okozó más szennyezőket tartalmaz, és az elektrolizáló cellából kinyert, módosított elektrolitoldat lényegében festékmentes.

28. A 21. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az elektrolízist úgy végezzük, hogy a vizes elektrolitoldatba a szennyezők lebontásához szükséges mennyiségben vezetőképességet fokozó anyagot viszünk be.

29. A 28. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a vezetőképességet fokozó anyag vagy lúgos anyag, vagy savas

anyag, amely a savakat, hidrogénsót és savas vegyületet tartalmazó csoportból van kiválasztva.

30. A 21. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy egy lépésében a szennyezett elektrolitoldathoz elegendő sót adunk hozzá, hogy a tisztított oldatban aktív halogén maradék legyen.

31. A 21. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az elektrolizáló cellába bevezetett elektrolitoldat fémionokkal van szennyezve.

32. A 31. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a fémionok toxikus fémek, amelyek galvanizáló fürdők kifolyó vizeiből, fémfosztó fürdőkből, biocid keverékekből és festékekből származnak, és komplexképző szerrel, felületaktív szerrel vagy redukáló szerrel létrehozott komplexeket tartalmaznak.

33. A 32. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a komplexképző szert, felületaktív szert vagy redukáló szert az elektrolizáló cellában módosítjuk, hogy fémionok váljanak szabadná az elektrolizáló cellában végzett további kezeléshez vagy fémkinyerő cellába való átvitelhez.

34. Eljárás kemikáliák elektromos szintetizálására, azzal jellemezve, hogy annak lépései a következők:

- előkészítünk egy nyitott elrendezésű elektrolizáló cellát, amely egy elektrolizáló övezetben elhelyezett elektródokként legalább egy anódot és legalább egy katódot, egy az elektrolitoldatot közvetlenül az elektrolizáló övezetben lévő elektródokhoz tápláló eszközt, valamint egy az elektrolizáló övezetben lévő elektrolitoldat bentöltött



idejét szabályozó eszköz tartalmaz,

- az elektrolizáló cellába elektroaktív anyag oldatát tartalmazó elektrolitot vezetünk be; és
- az elektrolizáló cella elektródjaira feszültséget adunk az elektrolit elektrolizálása és ezzel hasznos termék előállítására véget.

35. A 34. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az elektródok monopoláris vagy bipoláris elrendezésbe vannak kötve.

36. A 35. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy legalább az egyik elektród több áramvezető porózus elemet tartalmaz, amelyek egymás mellett vannak elhelyezve és villamosan érintkeznek egymással.

37. A 36. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az áramvezető porózus elemeket fémből vagy szénből készítjük.

38. A 34. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az elektrolit egy só vagy egy sav vizes oldatát tartalmazza.

39. A 34. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a hasznos termék egy szervetlen vagy szerves vegyület.

40. A 34. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az elektrolizáló cella porózus diafragmát vagy permszelektív membránt tartalmaz.

53 oldal + 10 oldal

2001. 11. 26.

A meghatalmazott
Mészárosné Dónusz Katalin
szabadalmi ügyvivő
az S.B.G. & K. Szabadalmi Ügyvivői Iroda
H-1062 Budapest, Andrássy út 113.
Telefon: 461-1000 Fax: 461-1099

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

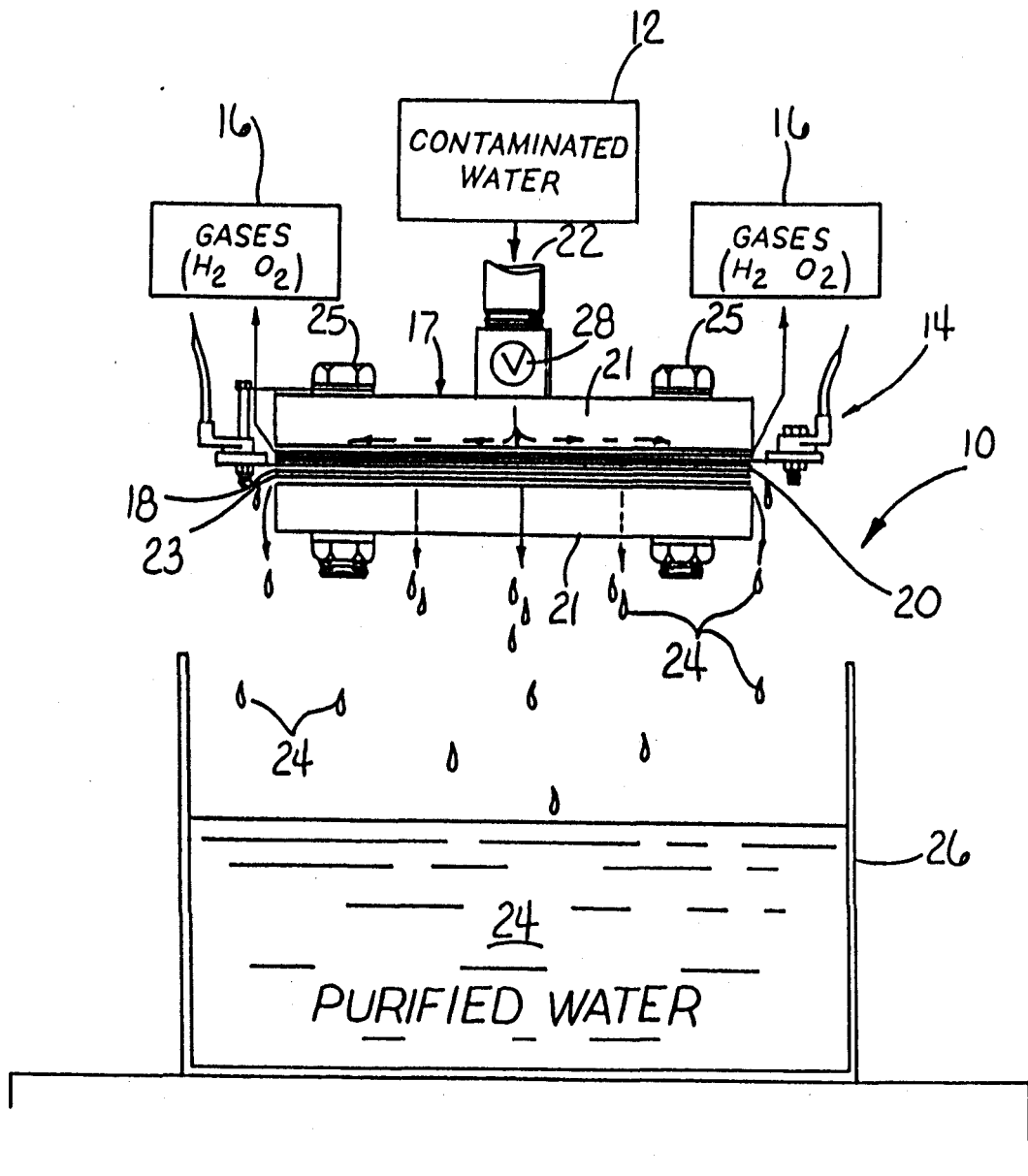
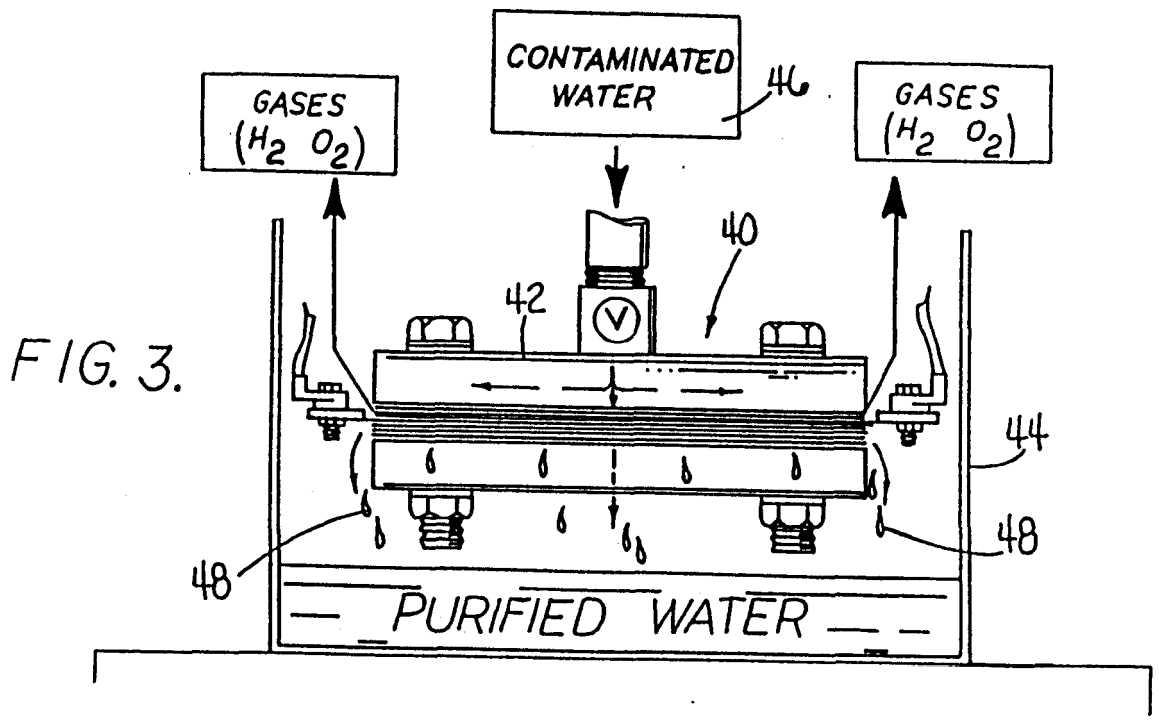
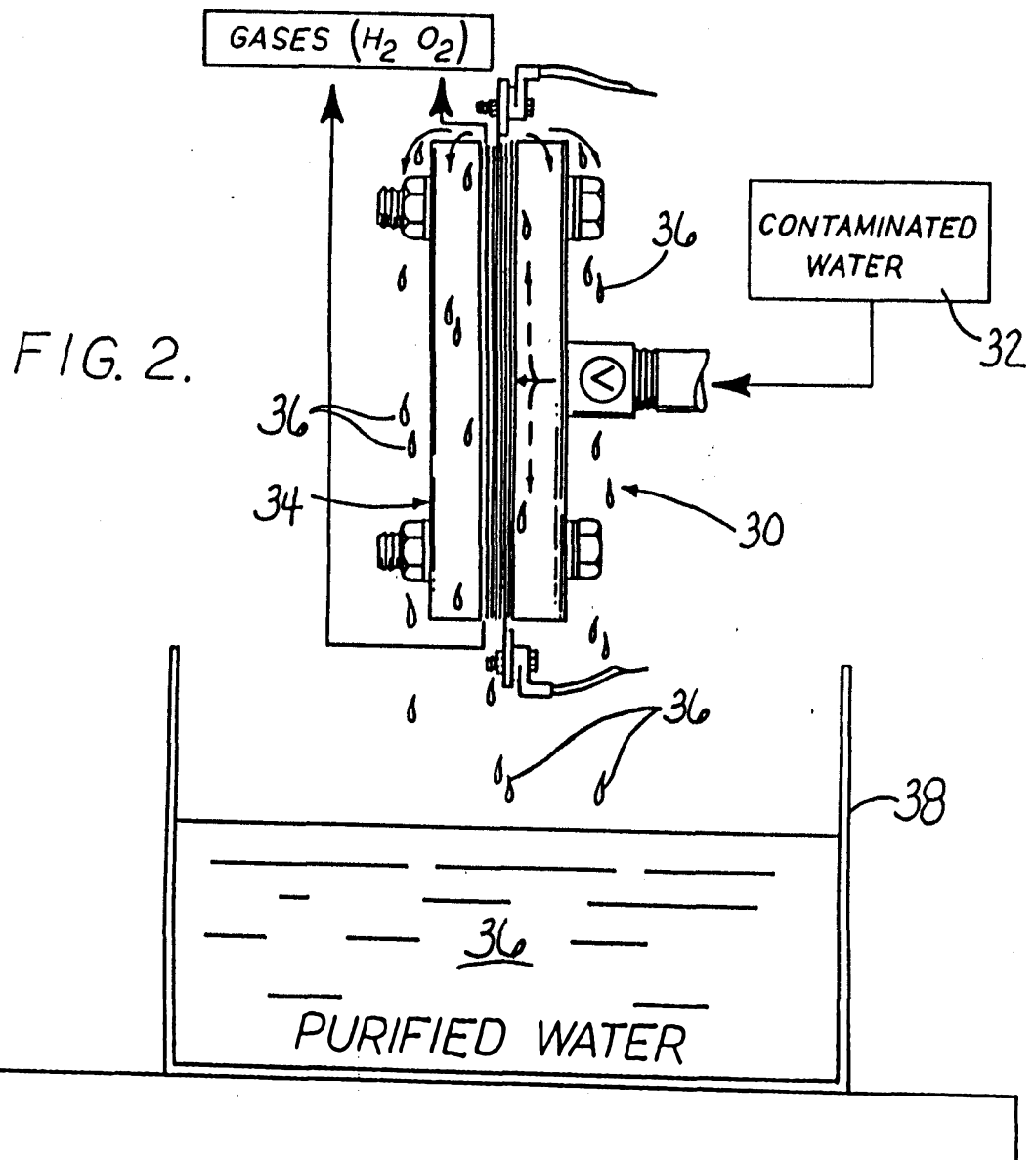


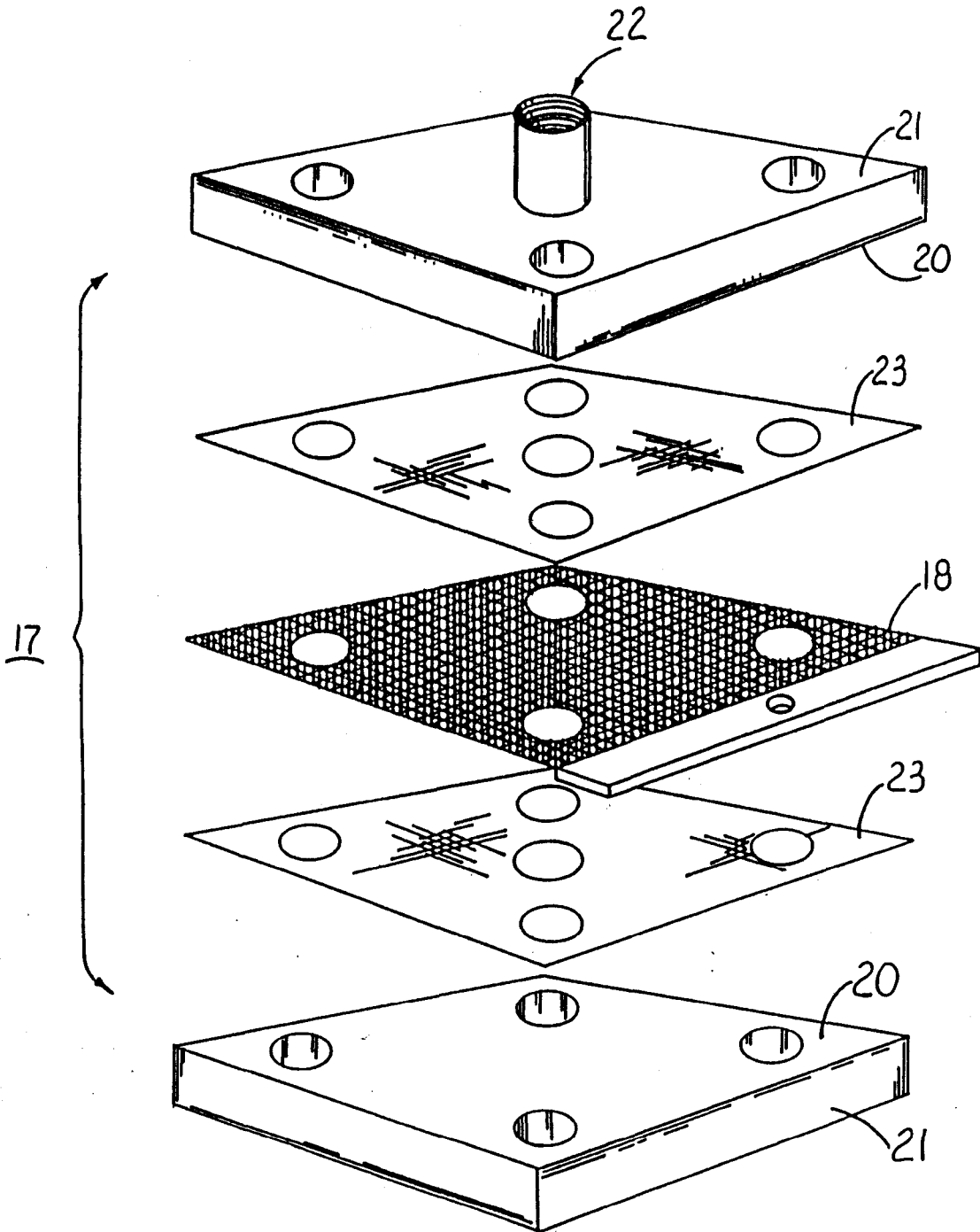
FIG. 1.

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY



**KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY**

FIG. 4.



KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

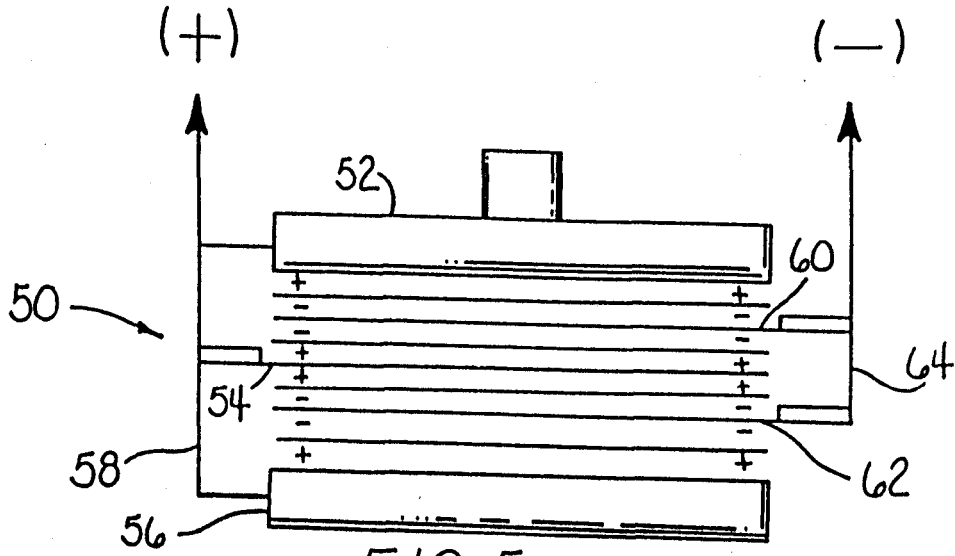


FIG. 5.

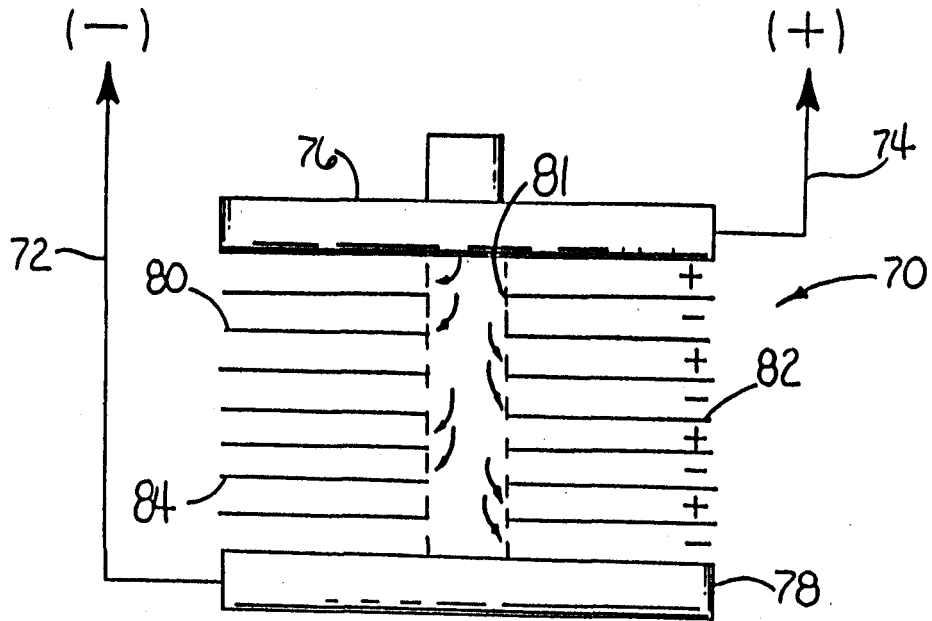


FIG. 6.

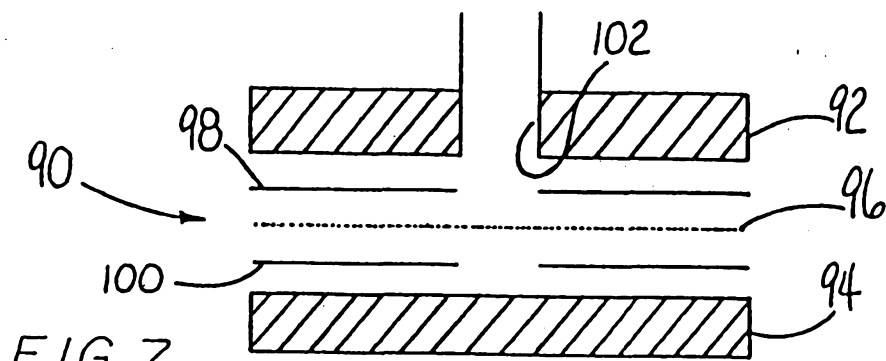


FIG. 7.

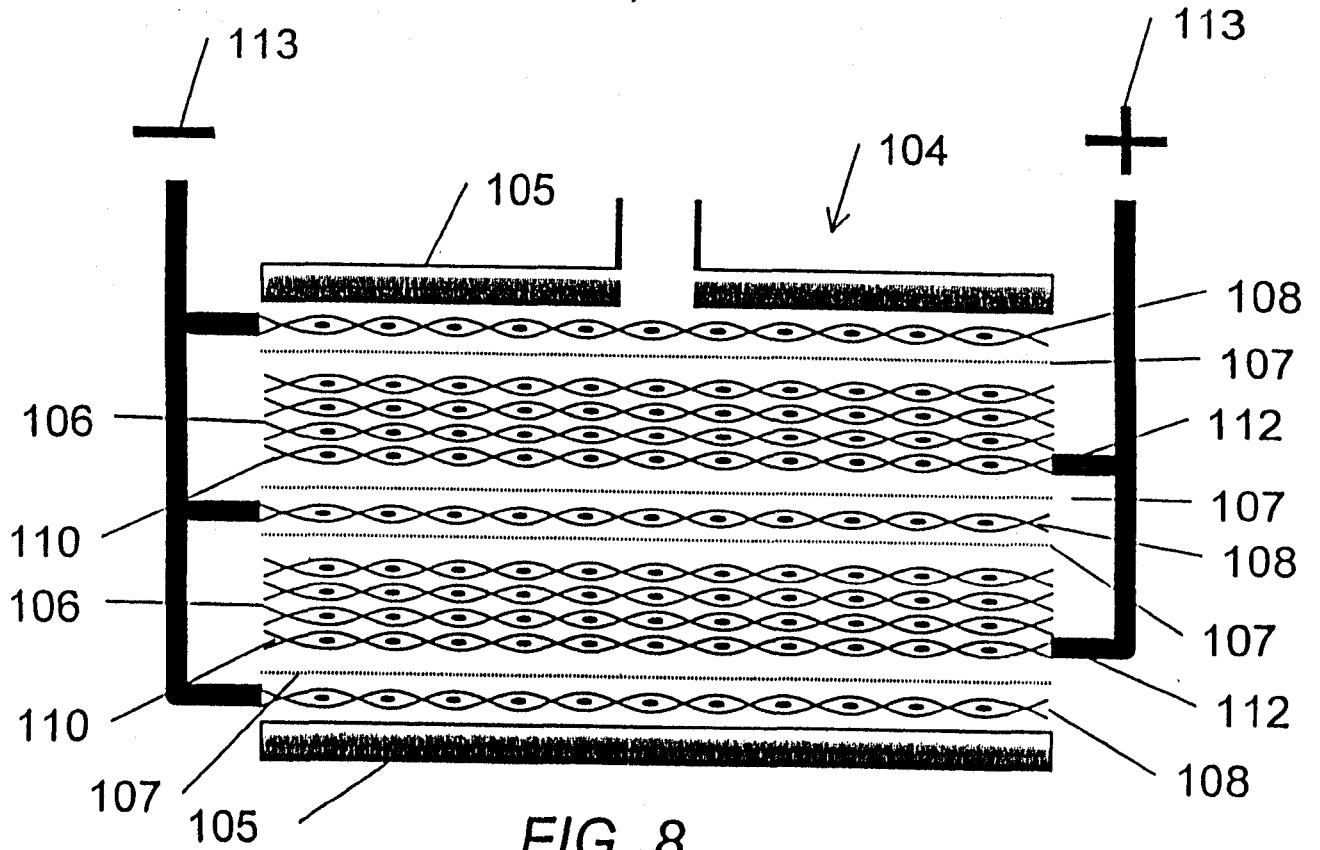


FIG. 8

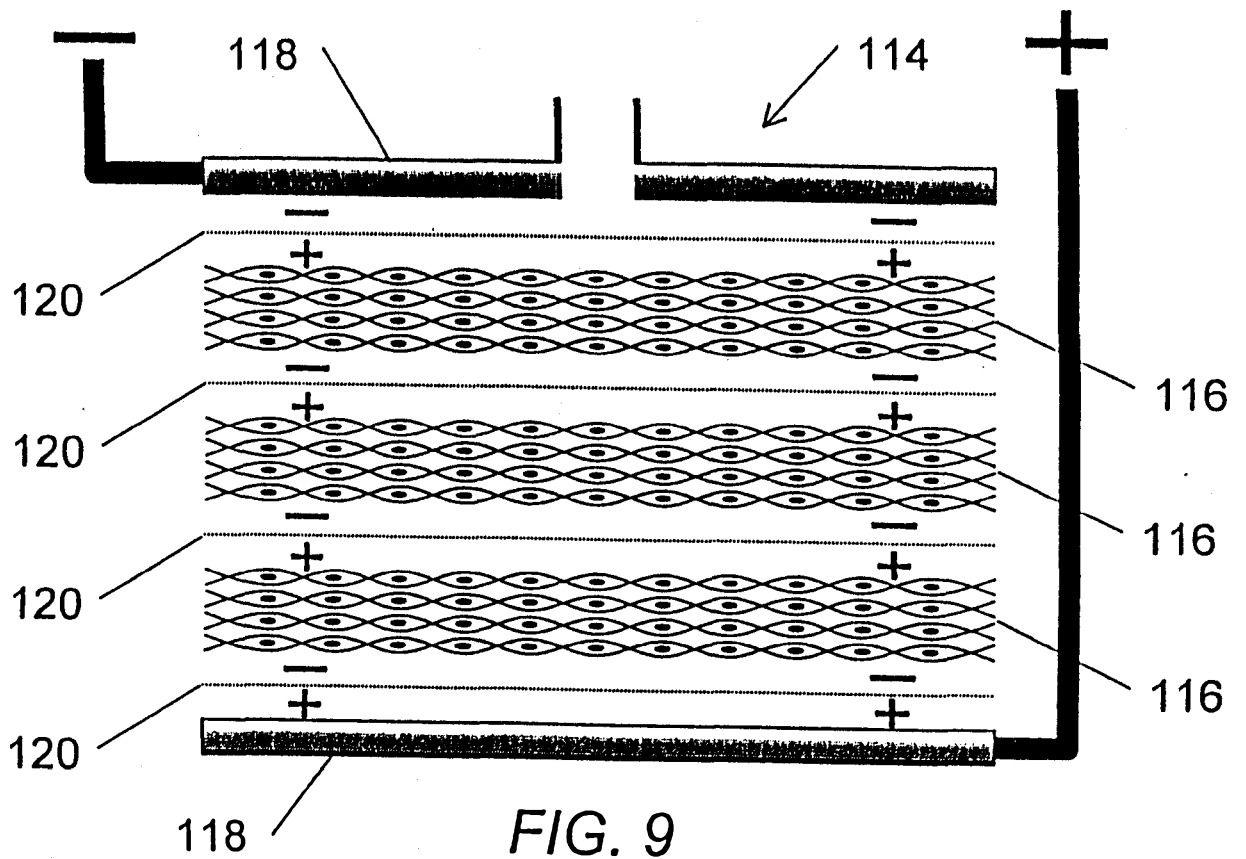


FIG. 9

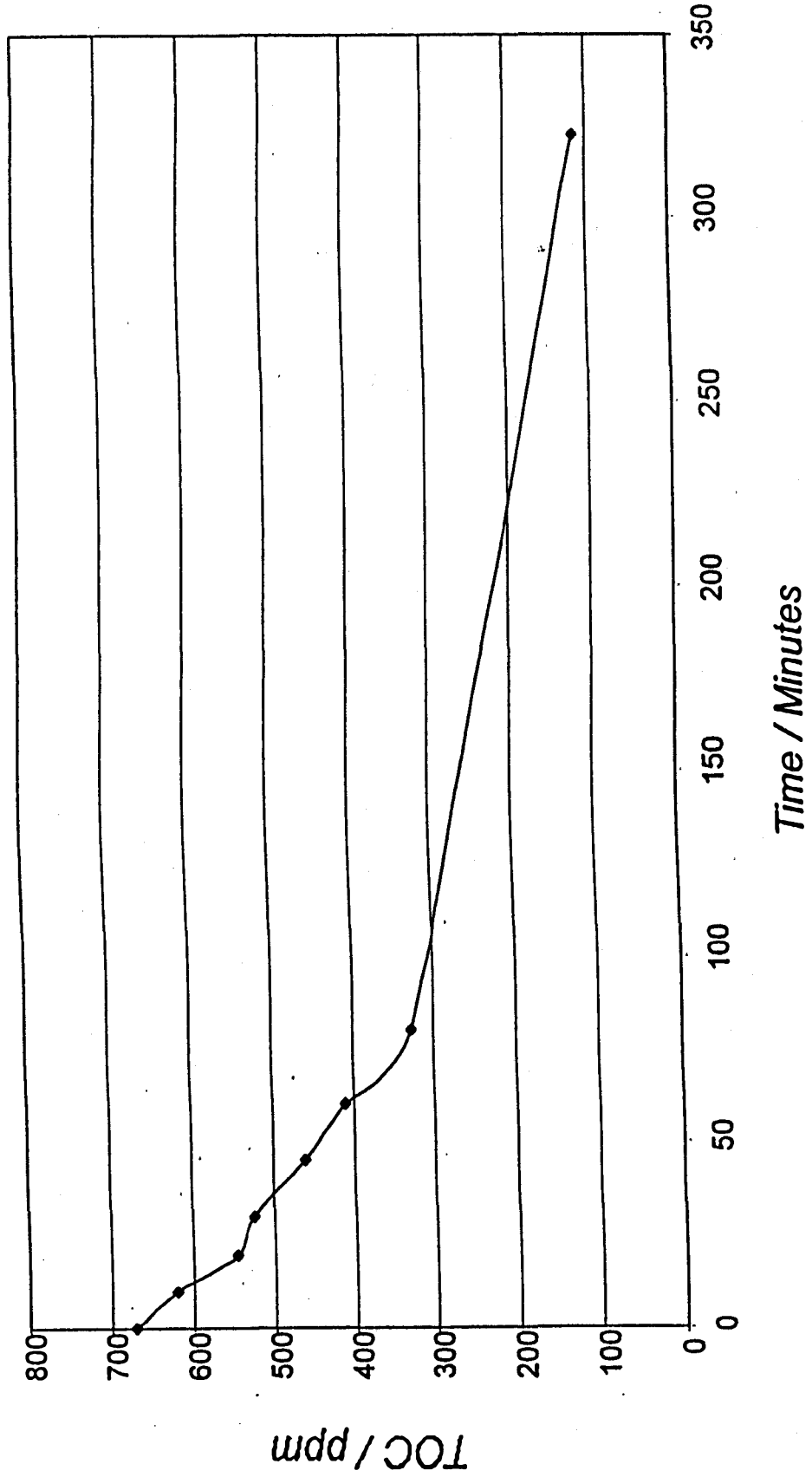


FIG. 10