

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

216243
(11) (B2)

[51] Int. Cl.³
B 01 J 19/00

(22) Přihlášeno 07 08 75
(21) (PV 5490-75)
(32) (31) (33) Právo přednosti od 15 11 74
(49533/74) Velká Británie
(40) Zveřejněno 31 12 81
(45) Vydáno 15 12 84

(72)
Autor vynálezu

FLEET BERNARD, LONDON, GUPTA SANKAR DAS, SURREY
(Velká Británie)

(73)
Majitel patentu

308489 ONTARIO LIMITED, TORONTO (Kanada)

(54) Elektrochemický reaktor

1

Vynález se týká elektrochemického reaktoru.

Elektrochemických reaktorů se používá v mnoha rozličných procesech a v důsledku toho je v používání velký počet různých konstrukcí. Mezi těmito procesy lze uvést elektrochemickou syntézu, elektrolýzu, elektrolytickou rafinaci, elektrolytické získávání kovů, elektrometalurgii, elektrolytické vytváření chemických individuů a elektrochemické zpracování odpadu.

Účinnost jakéhokoli elektrochemického reaktoru je v úzké souvislosti s vlastnostmi pracovní elektrody a zejména s povrchovou plochou této elektrody a s rozložením elektrického potenciálu na povrchu této elektrody.

Jestliže povrchová plocha, která je ve styku s elektrolytem, je maximalisována, bude elektroda schopna vytvořit silný tok pro přenášení hmoty, a jestliže potenciál je na povrchové ploše konstantní, bude lze elektrodu regulovat tak, aby byla vysoce selektivní, a tím zajistit dosažení žádaných výsledků. Jelikož ekonomická a obchodní použitelnost jakéhokoli elektrochemického procesu závisí ve velké míře na účinnosti reaktoru, ovlivní jakéhokoli zlepšení v práci reaktoru velmi značně náklady na provozování postupu.

Pro optimalisování účinnosti reaktoru by-

2

lo již navrženo mnoho konstrukcí elektrod, avšak celkově nevedlo zlepšení povrchové plochy ke zlepšení rozložení potenciálu a obráceně. Jedna konstrukce vytváří elektrodu sestávající z částicového lože. Tím se dosáhne značného zvětšení povrchové plochy, avšak rozložení potenciálu je poněkud nespolehlivé v důsledku špatného mechanického kontaktu, který vede k úbytku potenciálu mezi sousedními částicemi. V důsledku toho rozložení potenciálu kolísá a přednosti, vyplývající ze zvětšení povrchové plochy, se tím zmenšují, nebo vůbec odstraňují špatným rozložením potenciálu. Příklad takové konstrukce je popsán v USA pat. spisu č. 3 827 964.

Jinou konstrukci představuje elektroda s fluidním ložem. I zde špatné elektrické kontakty mezi částicemi vedou k úbytku potenciálu mezi částicemi a vyvolávají krajní nerovnoměrnost potenciálu na ploše elektrody s fluidním ložem. Proto potenciál nelze dostatečně správně předvídat a tedy nelze elektrodu přesně regulovat, takže výhody zvětšení povrchové plochy jsou opět anulovány špatným rozdělením potenciálu.

Kromě pokusů použít různé tvary zrnitých nebo částicových loží bylo zkoušeno optimalizovat účinnost elektrochemického reaktoru použitím různých uspořádání listů

nebo podobně, za účelem vytvoření mnoha-deskových elektrod, kde desky jsou odděleny malými mezerami. Nehledě k tomu, že ve srovnání se zrnitými loži je povrchová plocha nepřiznivá, trpí tyto konstrukce jinou závadou záležející v tom, že malé mezery se snadno ucpávají a nesnadno se přizpůsobují pro přiměřené proudění elektrolytu. Většina konstrukcí tohoto typu, který dává rozumnou účinnost, obsahuje zařízení pro promíchávání elektrolytu nebo vůbec pro protlačování elektrolytu elektrodou.

Účelem vynálezu proto je vytvořit zdokonalený elektrochemický reaktor tak, aby měl dobrou účinnost a byl použitelný pro většinu elektrochemických procesů.

Podle vynálezu sestává elektrochemický reaktor z nádržky se vstupem a výstupem, vymezující proudovou dráhu, ve které je umístěna pracovní elektroda, sestávající z vláken, tvořících klikatou dráhu pro elektrolyt, proudící podél proudové dráhy, ve které je proti pracovní elektrodě umístěna protielektróda, přičemž jsou upravena elektrická spojení k pracovní elektrodě a k protielektrodě.

Podle výhodného provedení vynálezu sestávající vlákna pracovní elektrody z uhlíkových vláken.

Podle jiného provedení vynálezu sestávají vlákna pracovní elektrody z kovových vláken.

V této souvislosti se výrazu „uhlíkové“ vlákno“ používá pro označení všech vláken, která jsou připravena různým tepelným zpracováním ze vhodných organických výchozích látek, jako je umělé hedvábí nebo polyakrylonitrilová vlákna.

Vynález bude popsán na příkladech provedení v souvislosti s výkresy.

Obr. 1 znázorňuje schematicky průřez elektrochemickým reaktorem, ve kterém je upraveno jedno provedení elektrody podle vynálezu.

Obr. 2 znázorňuje schematicky průřez jiným provedením reaktoru obsahujícím elektrodu podle vynálezu.

Obr. 3 je schematický pohled na další provedení elektrody pro reaktor podle vynálezu.

Obr. 4 znázorňuje v perspektivním pohledu další provedení elektrody pro reaktor podle vynálezu.

Obr. 4a je nárys ještě dalšího provedení elektrody pro reaktor podle vynálezu.

Obr. 5 je schematický průřez elektrochemickým reaktorem obsahujícím elektrodu podle obr. 4.

Obr. 6 je nárys ještě dalšího provedení elektrody pro elektrochemický reaktor podle vynálezu.

Obr. 7 je průřez elektrochemickým reaktorem, ve kterém je použito elektrody podle obr. 6.

Na obr. 1 je znázorněno jednoduché provedení reaktoru 20 obsahujícího nádržku 22 s elektrolytem, která je nahoře otevřená a

v sousedství otevřeného hořejšku je výstup 24 pro elektrolyt. Tento výstup 24 reguluje hladinu elektrolytu v nádržce 22.

Reaktor také obsahuje pracovní elektrodu 26 vyplněnou uhlíkovými vlákny 27 a umístěnou centrálně uvnitř nádržky 22. Elektroda 26 je umístěna uvnitř trubkové protielektrody 28 a má skříň 29, která sestává z obecně válcové hlavní části 30 z osínku nebo pod., opatřené dnem 32, a z horní soupravy 34. Hlavní část 30 obsahuje u dna 32 velký počet malých otvorů 35, aby elektrolyt mohl unikat ze skříně 29. Otvory jsou malé ve srovnání s délkou uhlíkového vlákna 27, takže vlákna mají sklon ležet napříč otvorů a je malá pravděpodobnost, že by vlákno uniklo ze skříně 29.

Hlavní souprava 34 sestává z prstencového členu 36, který zapadá hladce do horního konce hlavní části 30, se kterou je spojen vhodným lepidlem.

Prstencový člen 36 v horní soupravě 34 je opatřen vnitřním závitem pro zašroubování kompresního členu 38, který je opatřen vnějším závitem a má horní čtvercový úsek 40, takže za pomoci klíče lze kompresním členem 38 otáčet v prstencovém členu 36. Přítužná matice 42 slouží pro udržení elektrického konektoru 44 na správném místě a k zablokování kompresního členu 38 v žádané poloze uvnitř prstencového členu 36. Konektor 44 je připojen k jednomu konci izolovaného vodiče 46.

Protielektróda 28 má vzhůru vybíhající část 48, která je spojena přípojkou 50 s dalším elektrickým konektorem 52. Tento další konektor 52 drží další izolovaný vodič 54, který, jak je schematicky naznačeno, tvoří část elektrického hnacího obvodu se zdrojem 55 energie, který je rovněž také připojen k vodiči 46.

Přívod 56 pro elektrolyt slouží k zavádění elektrolytu přímo zvenčí reaktoru 20 do vnitřku pracovní elektrody 26. Zde se elektrolyt setkává s uhlíkovými vlákny, dříve než projde otvory 35 v hlavní části 30 a pak se pohybuje kolem protielektrody 28 a odtud ven výstupem 24.

Pracovní elektroda 26 je znázorněna jako celek, který se sestavuje následujícím způsobem: nejdříve se uhlíková vlákna umístí v hlavní části 30 a pak se horní souprava 34 nasadí na horní konec hlavní části 30. Je výhodné, aby uhlíková vlákna tvořila velmi těsný svazek a aby jejich délka byla srovnatelná s hlavní délkou hlavní části 30. Jakmile je prstencový člen 36 na svém místě na horní části 30, zašroubuje se kompresní člen 38 do prstencového členu 36 za použití klíče nasazeného na čtvercový úsek 40 kompresního členu 38. To v uhlíkových vláknech vytvoří stlačení, které postačí je udržovat ve vzájemném kompresním záběru, jelikož i když vlákna mají malý průměr, jsou na jejich velikosti poměrně nepoddajná. V důsledku toho budou vlákna při vhodném

napěchování do skříně **29** navzájem zabírat, když se na jednom konci skříně **29** vytvoří kompresní zátěž, čímž se zajistí elektrický kontakt mezi vlákny. V důsledku zanedbatelného elektrického odporu vláken a četných kontaktů mezi jakýmkoliv vláknem a sousedními vlákny existuje efektivně konstantní elektrický potenciál skrz naskrz vláken. Jakmile bylo jednou dosaženo komprese, uvede se elektrický konektor **44** do záběru s kompresním členem **38** a příružná matice **43** se nasadí, aby držela jak kompresní člen **38**, tak i konektor **44** na jejich místech.

Při provozu se zdroj energie zvolí podle prováděného procesu. Mají-li být nashromážděny kationty, pak pracovní elektroda **26** bude katodou. Jestliže obráceně mají být shromážděny anionty, pak pracovní elektroda bude anodou.

Tvar pracovní elektrody **26** může být v rámci vynálezu různě upravován. Délka vláken je s výhodou srovnatelná s délkou hlavní části **30**. Avšak tato délka může být změněna v souladu s vytvořením dostatečných elektrických kontaktů mezi vlákny, aniž by se značněji omezilo proudění elektrolytu mezi vlákny. Je zřejmé, že při zmenšování délky vláken lze se přiblížit velikosti, kde stěsnání vláken bude mít značně nepříznivý vliv na proudění elektrolytu.

Bylo zjištěno, že elektrody z uhlíkových vláken mají pro reaktor mimořádnou účinnost především díky zanedbatelnému elektrickému odporu uvnitř každého vlákna, a také proto, že se použitím těchto vláken v dané velikosti elektrody dosáhne mimořádně velké povrchové plochy. Typická vlákna mají obvykle průměr asi 5 až 15 mikrometrů, i když jsou k dispozici i jiné velikosti. Vlákna jsou prodávána v káblíku, z nichž každý obsahuje pět až deset tisíc vláken. Je tedy příhodné vytvořit elektrodu tím, že se vezme část káblíku a uloží se do schránky, jako je skříně **29**, a pak se na jednom konci působí silou za účelem uvedení vláken do vzájemného těsného elektrického kontaktu. Pro danou velikost skříně bude převod hmoty klesat se zvětšováním průřezu vláken, jelikož se tím efektivně snižuje povrchová plocha.

Bylo také zjištěno, že uhlíková vlákna mají vlastnosti, které jsou neobyčejně příznivé pro účinnost elektrochemických procesů vůbec. Vlákna mají nízké adsorpční vlastnosti a nemají sklon k tvoření škodlivého filmu na povrchu uvnitř poměrně širokého potenciálového rozmezí. V důsledku toho lze dosáhnout poměrně velkého převodu hmoty v důsledku těchto vlastností kombinovaných s velkou povrchovou plochou, jak je dána počtem vláken na objemovou jednotku elektrody.

Další významnou vlastností je příznivé chování při přepětí. Přepětí vodíku a kyslíku jsou velmi značná (zejména pro neutrální roztoky), takže uhlíkových vláken lze po-

užít jak jako anody, tak také jako katody ve značném napětovém rozmezí. To umožňuje, aby na elektrodě z uhlíkových vláken nastával velký počet elektrochemických reakcí. I když nebylo v reaktoru znázorněném na obr. 1 použito elektrostatické membrány, je zřejmé, že takové membrány lze použít, kdykoliv určitý proces tohoto použití vyžaduje. Podobně, má-li být elektrochemického reaktoru použito bez spojitého průtoku, pak proud elektrolytu může být přerušen odstraněním přívodu **56** a výstupu **24**.

V některých elektrolytických procesech nemusí být reaktor znázorněný na obr. 1 vhodným. Další provedení reaktoru podle vynálezu jsou znázorněny na obr. 2 až 4.

Jak je znázorněno v obr. 2, má pracovní elektroda **58** tvar rohože zhotovené z velkého počtu uhlíkových vláken a uložené do šikmé nádržky **60**. Některé z vláken vybíhají navenek nádržky **60** a tvoří koncovky **62** pro připojení ke zdroji **63** energie. Zdroj **63** energie je také připojen k deskové protielektrodě **64**.

Elektrolyt, který může být tekutý odpad nebo podobně, přichází do nádrže **60** z přiváděcího proudu **66** a prochází pracovní elektrodou **58**, než vystoupí výstupním proudem **68**. Doba prodlevy je regulována objemovým průtokem v toku vstupního produktu **66**. Avšak průtok nesmí být příliš silný, neboť elektroda z uhlíkových vláken by mohla být rozlámána a vytlačena z nádrže **60**.

Jak je patrné v obr. 3, sestává jiné provedení reaktoru **70** podle vynálezu z horní poloviny **72** a dolní poloviny **74**, které dohromady vymezují dutinu **76**, ve které je uloženo množství uhlíkových vláken, tvořících pracovní elektrodu **78**.

Tato vlákna jsou obecně uspořádána vedle sebe a některá z nich vyčnívají z dutiny **76** za účelem vytvoření elektrických spojení **80** pro zdroj **81** napětí, jak je naznačeno. Horní polovina **72** má rozvod **82** pro zavádění elektrolytu do velkého počtu malých otvorů **84** (z nichž některé jsou znázorněny), které jsou ve spojení s dutinou **76**. Otvory **84** jsou malé, aby byl zajištěn rovnoměrnější tok přes pracovní elektrodu **78**, aby se zabránilo tomu, že všechno proudění nastává na jednom konci pracovní elektrody **78**.

Po průchodu přes pracovní elektrodu **78** odchází elektrolyt malými otvory **86**, vedoucími k rozvodu **88** v dolní polovině **84**. Rozvod **88** tvořený otvorem obsahuje protielektrodu **90**, která je také elektricky spojena se zdrojem **81** napětí.

Jak bylo shora uvedeno, bylo seznáno, že účinnost a přesnost regulace pracovní elektrody závisí na úbytku napětí v elektrodě a také na povrchové ploše, která je ve styku s elektrolytem. Elektrolyt však se má pohybovat volně pracovní elektrodou a přicházet do styku s tak velkou částí povrchové plochy elektrody, jak jen je možné. V

obr. 4 je znázorněn zvláštní tvar pracovní elektrody s uhlíkovým vláknem, který umožňuje takový volný pohyb elektrolytu.

Nyní budou popsány příklady použití pracovní elektrody typu znázorněného v obr. 3. Všechny potenciály pracovní elektrody níže uvedené byly naměřeny proti nasycené kalomelové elektrodě.

Příklad 1

Temně modrý roztok síranu měďnatého o koncentraci 10 000 ppm byl zaveden do reaktoru. Potenciál pracovní elektrody byl udržován na $-1,2$ V a vytékající roztok byl bezbarvý, čímž bylo naznačeno, že měď byla zadržena pracovní elektrodou. Potenciál pracovní elektrody byl pak přepnut na $+0,2$ V a vytékající roztok byl modrý, což znamenalo, že měď byla z pracovní elektrody odstraněna.

Pokus byl opět opakován zaváděním roztoku síranu měďnatého o koncentraci 10 000 ppm do reaktoru a opět vytékající kapalina byla bezbarvá. Pak byla zavedena voda obsahující některé elektrolyty a vystupující roztok byl opět bezbarvý. Při stálém zavádění vody byl potenciál pracovní elektrody přepnut na $+0,2$ V a výstupní roztok byl modrý, což znamenalo, že měď je odstraňována z pracovní elektrody.

Každá z přeměn proběhla v době prodlevy asi dvanáct sekund. Okolnost, že vytékající kapalina byla v obou případech bezbarvá, naznačuje redukci 10 000 ppm mědi na méně než 400 ppm. Doba prodlevy bude se měnit, jelikož do určité míry závisí na upěchování uhlíkových vláken.

Příklad 2

Byl připraven roztok obsahující 250 ppm olova a zaveden do reaktoru. Odtékající kapalina byla shromážděná a analyzována absorpčním spektrofotometrem. Tato analýza byla provedena za použití atomického absorpčního spektrofotometru podle Perkin Elmera, který byl vybaven rozprašovačem Mossmanovým. Byly získány následující výsledky:

Pracovní elektroda byla udržována na $-1,2$ V. Vystupující roztok měl koncentraci 0,2 ppm olova.

Celková přeměna v době prodlevy asi 12 sekund byla proto 99,9 % při jediném průchodu.

Příklad 3

Příklad 2 byl opakován pro měď. Pracovní elektroda měla potenciál $-1,2$ V a vstupní roztok byl síran měďnatý. Vstupující roztok měl koncentraci 250 ppm mědi a vystupující roztok měl koncentraci 4 ppm mědi. Nastala zde přeměna 98,4 % v době prodlevy asi 12 sekund v jediném průchodu reaktorem.

Příklad 4

Příklad 2 byl opakován pro nikl. Bylo užito chloridu nikelnatého při pracovním potenciálu $-1,6$ V. Vstupující roztok měl koncentraci 250 ppm niklu a vystupující roztok měl koncentraci 20 ppm niklu. Tak bylo dosaženo přeměny 92,0 % v době prodlevy asi 12 sekund v jediném průchodu.

Předběžná studia naznačovala, že elektrochemická redukce niklu na elektrodách z uhlíkových vláken není podobná redukci ostatních kovů použitých v předcházejících příkladech. Kinetické vlastnosti reakce jsou pomalejší. To by vysvětlovalo nižší činitel přeměny, totiž 92 % ve 12 sekundách. Delší doba prodlevy by pravděpodobně umožnila vyšší přeměny při jediném průchodu, ačkoliv činitel přeměny je vysoce uspokojivý, uvážíme-li krátkou dobu prodlevy v reaktoru.

Příklad 5

Do reaktoru byly zaváděny roztoky obsahující 500 ppm a 100 ppm kadmia a vycházející roztok byl monitorován samočinným voltmetrem. Bylo dosaženo přeměn 99 %, když pracovní elektroda byla na potenciálu -4 V.

Jak je patrné, ukazují výsledky shora uvedených příkladů, že lze dosáhnout účinností řádu 99 % při době prodlevy 12 sekund. To je dosaženo jednak tím, že zanedbatelný odpor uhlíkových vláken umožňuje přesně regulovat potenciál na elektrodě a jednak tím, že je dán vysoký poměr povrchové plochy k objemu elektrody. Je tedy patrné, že u elektrody podle vynálezu jsou splněny oba hlavní požadavky kladené na elektrodu sloužící pro odstraňování kovů v roztoku, totiž velmi vysoká povrchová plocha kombinovaná s rovnoměrným elektrickým potenciálem na této ploše.

Jak je vidět na obr. 4, sestává pracovní elektroda **92** z kablíku **94** uchyceného ve spojce **96** na jednom úseku horního konce kablíku **94**. Tato spojka také je opatřena vztyčenou elektrickou koncovkou **98** pro připojení pracovní elektrody **92** na zdroj elektrické energie.

Kabílek **94** sestává z četných uhlíkových vláken **100**, z nichž mají všechna s výhodou v podstatě stejnou délku a leží obecně vedle sebe. Příslušné konce vláken **100** tvoří jeden společný konec pracovní elektrody **92** na horním konci kroužku **102**, který je částí spojky **96**. Tento kroužek **102** je deformován směrem dovnitř do pevného záběru s kablíkem **94**, takže jednotlivá vlákna uvnitř kroužku **102** jsou navzájem v elektrickém kontaktu. Jelikož kroužek **102** je vodič, je následkem toho potenciál připojený na koncovce **98** převáděn kroužkem **102** k jednotlivým uhlíkovým vláknům **100**, takže potenciál na každém z vláken bude v pod-

statě stejný, jako na všech ostatních vlákních. Jelikož úbytek potenciálu ve vlákních je zanedbatelný, bude dále potenciál v kterémkoli bodu vláken v podstatě stejný jako potenciál připojený na kabílek.

Bylo zjištěno, že elektrody uhlíkových vláken, typu znázorněného v obr. 4, jsou mimořádně účinné v důsledku shora uvedených vlastností uhlíkových vláken a také v důsledku toho, že neobvykle velká povrchová plocha je v trvalém kontaktu s elektrolytem. Kromě toho při pohybu elektrolytu mají vlákna sklon se uložit podle proudokřivky, čímž se zajistí maximální doba kontaktu, když elektrolyt proudí kolem vláken.

Spojka **96** může mít jakýkoli vhodný tvar vhodný k tomu, aby udržoval vlákna v jejich relativních polohách na určitém úseku délky kabílku **94** a dovoloval také, aby potenciál byl k vláknům přiváděn trvale. V jednoduchých případech použití stačí kabílek **94** ovinout a vlákna, která tvoří část kabílku **94** nad ovinutím nebo svázáním, se použije pro elektrické připojení. Proto jako spojka **96** může být označeno každé uspořádání, které stanoví vzájemnou polohu vláken vůči sobě. I když spojka **96** je opatřena na elektrickou přípojku **98**, lze užít mnoha jiných uspořádání, jako již shora uvedeného jednoduchého svázání.

Jak je vidět v obr. 4a, může být spojka **96** podle obr. 4 nahrazena jednoduše ovázáním **96a**, které může, ale nemusí být elektricky vodivé, přičemž alespoň některá z uhlíkových vláken toto ovázání přesahují a je jich užito pro vytvoření elektrického připojení **98a**.

Typické použití elektrody **92** znázorněné v obr. 4 je znázorněno v obr. 5, kde je elektroda užito v elektrochemickém reaktoru pro elektrolytické získávání kovů. Elektrolyt **104** je přiváděn vstupem **106**, takže elektrolyt nejdříve vstoupí do vedení **108**, umístěného kolem pracovní elektrody **110**, jež má podlouhlý tvar jako pracovní elektroda **92** znázorněná v obr. 4. Vedení **108** je na spodní straně otevřeno, takže elektrolyt může procházet směrem dolů uhlíkovými vlákny a pak vzhůru kolem protielektrody **112**, která je také umístěna uvnitř nádržky **114** elektrochemického reaktoru. Výstup **116** pro elektrolyt je upraven u horní části nádržky **114** a zdroj **117** energie je spojen s pracovní elektrodou **110** a s protielektrodou **112**.

Při používání se jednotlivá vlákna mohou volně pohybovat v proudu elektrolytu, když tento elektrolyt sestupuje dolů vedením **108**. Vlákna mají tedy sklon se v elektrolytu pokládat individuálně v důsledku proudových účinků kolem vláken. Kabílek tvořící pracovní elektrodu **110** pak zaujme polohu přibližně, jak je naznačeno čerchovanou čarou v obr. 5. V důsledku tohoto pohybu v kabílku je výhodné, aby vedení **108** bylo nevodivé, jelikož musí být dostatečně těsně u kabílku, aby se zajistilo, že proud elektrolytu

zasahuje kabílek. Jelikož dále je kov ukládán na vláknech v důsledku elektrochemického procesu, bude mít tento proud sklon udržovat oddělení mezi vlákny v rozmezí průtočné rychlosti a váhy vlákna.

I když reaktor znázorněný v obr. 5 ukazuje použití vláken při elektrolytickém získávání kovů, je zřejmé, že tohoto reaktoru může být použito pro zpracování a regulaci vystupujícího roztoku, jakož i pro elektroorganické syntézy při případných úpravách reaktoru, například při použití elektrochemické membrány a třetí čili referenční elektrody. Například vedení **108** pro elektrolyt může být provedeno jako elektrochemická membrána, v kterémžto případě bude dno tohoto vedení **108** uzavřeno a bude použito výpusti **119** naznačené čerchovaně. Podobně lze do vstupu **121**, znázorněného rovněž čerchovaně, zavádět elektrochemicky kompatibilní kapalinu, která bude odcházet výpusti **116**.

Na obr. 6 je znázorněno další přivedení pracovní elektrody **118**. Tato elektroda **118** sestává z kabílku **120**, obsahujícího četná uhlíková vlákna **122**, která jsou sevřena v pěti oddělených místech podél vláken spojkami **124**. Ke každé ze spojek **124** se přivádí tentýž potenciál, takže nejdelší elektrická dráha je od jednotlivé spojky **124** ke středovému bodu uhlíkového vlákna mezi touto spojkou **124** a sousední spojkou **124**.

Elektrody znázorněné v obr. 6 se s výhodou použije v provedení reaktoru **126** znázorněném v obr. 7. Do tohoto reaktoru **126** proudí elektrolyt **128** a je veden přepážkami **130** směrem na pracovní elektrodu **132**, která má tvar znázorněný v obr. 6. Tato pracovní elektroda **132** leží napříč směru postupu a kabílek **120** je poněkud volný mezi spojkami **124**, aby umožnil určité příčné oscilační pohyby vláken, když elektrolyt proudí napříč vlákny. Potom se elektrolyt pohybuje směrem dolů, opouští pracovní elektrodu **132** a míjí protielektrodu **134** pod větší svislou přepážkou **136**, která zajišťuje, že se elektrolyt nejdříve pohybuje dolů směrem k protielektrodě **137** a zpět vzhůru do proudu **138** elektrolytu. Jak je znázorněno, je upraven vhodný zdroj **139** energie.

Hlavního použití docházejí elektrochemické reaktory v plynulých procesech, kde se elektrolyt plynule vyměňuje, jak bylo popsáno v souvislosti s obr. 5 a 7. Avšak v reaktoru, ve kterém se pracovní elektroda nemění, nebude zapotřebí používat vedení jako je vedeno **108** pro elektrolyt v obr. 5. U takového provedení musí být pracovní elektroda **110** vzdálena dostatečně od protielektrody **112**, aby se zabránilo zkratování. Jinak bude konstrukce podobná konstrukci znázorněné v obr. 5, až na to, že odpadá vedení **108** pro elektrolyt. V procesu podle obr. 7 bude také možné použít lázně, ve které jsou umístěny elektrody a po naplnění lázně se proudění přeruší a elektroche-

mický proces se spustí. Potom se elektrolyt z lázně odstraní a do lázně se zavede další náplň elektrolytu. U takové soustavy lze vypustit přepážky 130 a hlavní přepážku 136, i když ovšem může být také pozměněno uspořádání elektrod, jelikož příčina pro jejich umístění v obr. 4 již neexistuje.

I když shora byla popsána řada provedení elektrod podle vynálezu, mohou i jiná provedení reaktoru být rovnocenná s použitím uhlíkových vláken. Všechna tato provedení jsou zahrnuta v rámci vynálezu.

Shora byly protielektrody a nádržka s elektrolytem provedeny jako oddělené členy. Takové uspořádání spadá pod ekvivalentní konstrukci nádržky, která může současně fungovat jako elektroda, nebo která obsahuje takovou elektrodu uvnitř své konstrukce.

Do rámce vynálezu spadá také použití kovových nebo pokovených vláken pro pracovní elektrody. Pro účely tohoto popisu se pod pojmem „kovová vlákna“ rozumí jakákoliv vlákna zhotovená z jednoho kovu, vlákna,

kteřá jsou povlečena kovem a vlákna kovová, která jsou povlečena jiným kovem. Tento výraz zahrnuje také uhlíková vlákna, která jsou povlečena kovem, jakož i slitiny, které jsou potaženy kovem.

U dalšího provedení vynálezu tedy vynález vytváří elektrochemický reaktor s pracovní elektrodou, která obsahuje velké množství kovových vláken sestávajících z uhlíkových vláken povlečených kovem, přičemž každé z kovových vláken je v elektrickém kontaktu s alespoň několika ostatními kovovými vlákny za účelem přenášení elektrického potenciálu v podstatě skrze elektrodu, když je elektrody používáno v reaktoru.

Elektrody znázorněné v obr. 2, 3, 4, 4a a 6 mohou všechny sestávat z kovových vláken. Je však zvláště výhodné a spadá do rámce vynálezu, aby tato vlákna byla provedena jako povlečená uhlíková vlákna ve všech se shora popsaných provedení, nebo jako kovová vlákna obecně v provedení znázorněných v obr. 4, 4a a 6.

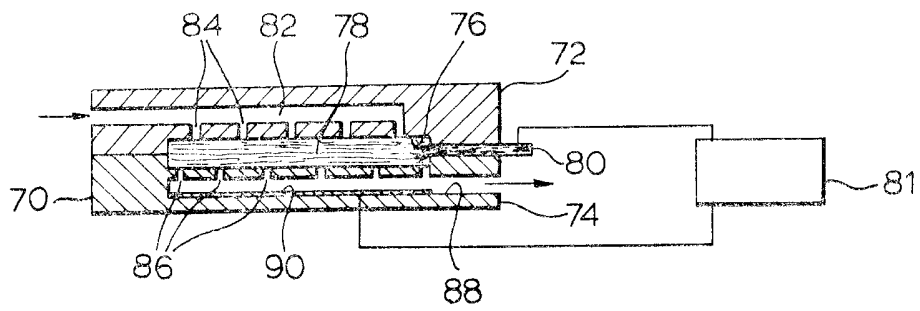
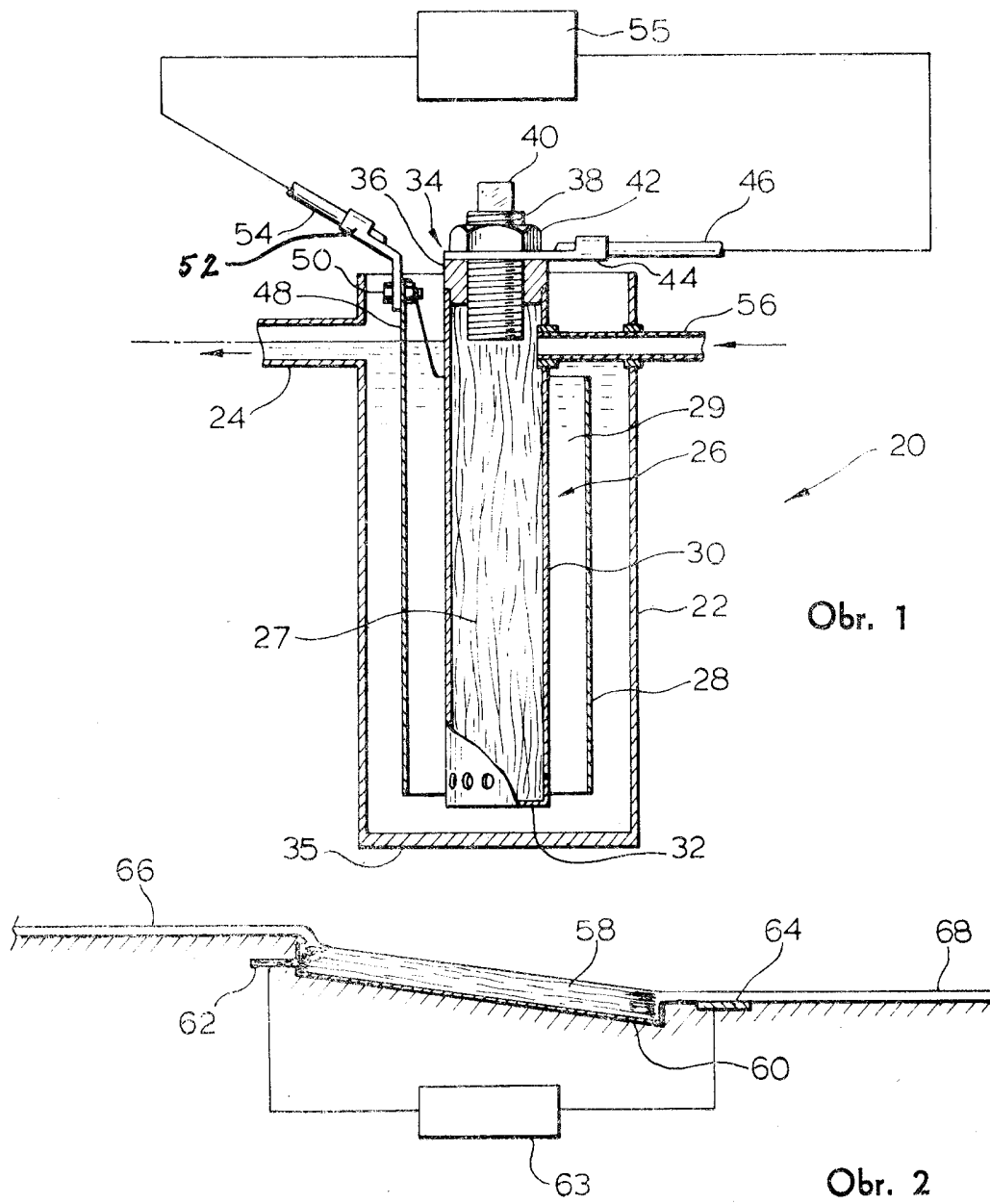
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

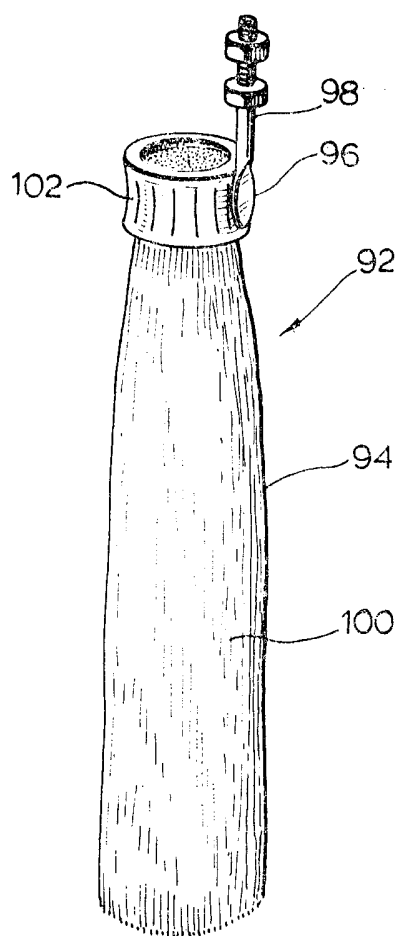
1. Elektrochemický reaktor, vyznačující se tím, že sestává z nádržky (70) se vstupem (82) a výstupem (88), vymezující proudovou dráhu, ve které je umístěna pracovní elektroda (78), sestávající z vláken, tvořících klikatou dráhu pro elektrolyt, proudící podél proudové dráhy, ve které je proti pracovní elektrodě (78) umístěna protielektroda (90), přičemž jsou upravena elektric-

ká spojení (80) k pracovní elektrodě (78) a k protielektrodě (90).

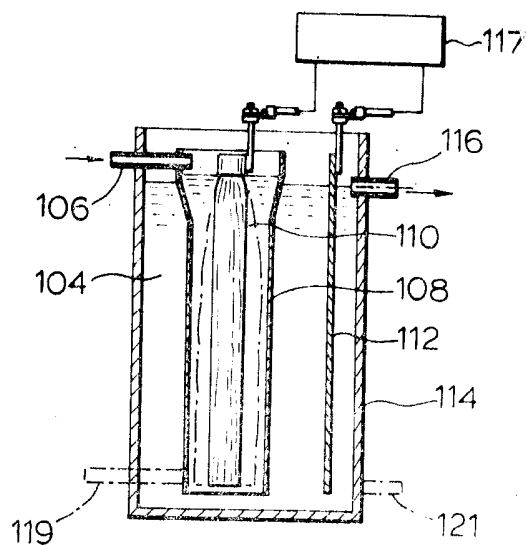
2. Elektrochemický reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že vlákna pracovní elektrody (78) sestávají z uhlíkových vláken.

3. Elektrochemický reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že vlákna pracovní elektrody (78) sestávají z kovových vláken.

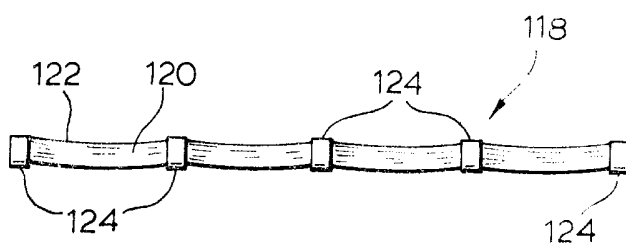




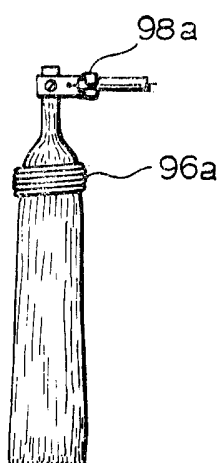
Obr. 4



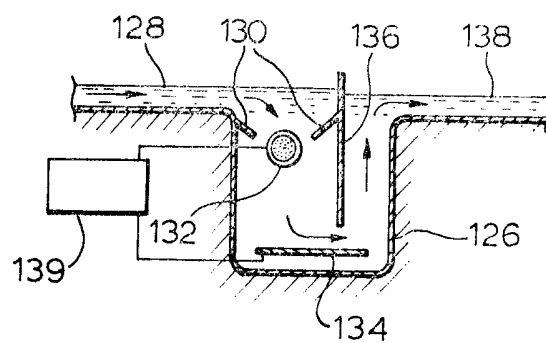
Obr. 5



Obr. 6



Obr. 4 a



Obr. 7