



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102001900904760
Data Deposito	29/01/2001
Data Pubblicazione	29/07/2002

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	25	B		

Titolo

CELLA PER LA PRODUZIONE DI OZONO PER VIA ELETTROCHIMICA E RELATIVO PROCEDIMENTO DI PRODUZIONE.

RM 2001 A 0000411

Descrizione dell'invenzione industriale avente per titolo:

**CELLA PER LA PRODUZIONE DI OZONO PER VIA
ELETTROCHIMICA E RELATIVO PROCEDIMENTO DI PRODUZIONE.**

INVENTORE: Franco Cataldo

Nazionalità italiana, domiciliato in Via Casilina 1626/A,
00133 Roma.

RIASSUNTO

L'invenzione copre una rivoluzionaria cella elettrochimica atta a produrre ozono con rese elevatissime e tali da rendere il procedimento elettrochimico per la produzione di ozono competitivo con quello convenzionale della scarica elettrica nell'aria o in ossigeno.

DESCRIZIONE

L'ozono è una forma allotropica dell'ossigeno che è dotata di eccezionali proprietà ossidanti, germicide e battericide e grazie a queste sue proprietà sta diventando l'agente di eccellenza sia per il trattamento delle acque di rifiuto in genere, sia per la potabilizzazione delle acque. Ad esempio, già nel 1977 vi erano nel mondo più di 1000 impianti utilizzanti ozono nel trattamento delle acque (N.N. Greenwood, A. Earnshaw, *The Chemistry of the Elements*, Chapter 14, Pergamon Press, Oxford, UK, 1984). Il vantaggio dell'ozono rispetto ad altri agenti di trattamento delle acque come il cloro e i suoi derivati consiste nella veloce e completa azione ossidativa effettuata sulle sostanze organiche presenti, seguita dalla formazione di composti chimici non tossici derivati dalla decomposizione dei substrati trattati. Al contrario cloro e derivati



comportano sempre la formazione di derivati clorurati come prodotti della ossidazione. Questi derivati clorurati restano nelle acque potabili ed è noto che esercitano una azione tossica sull'uomo se ingeriti o inalati. Inoltre il cloro, data la sua persistenza altera drasticamente e definitivamente le caratteristiche organolettiche dell'acqua potabile, mentre ciò non avviene nel caso dell'ozono che essendo una molecola poco stabile si decompone dopo aver completato la sua azione disinfettante conferendo all'acqua trattata caratteristiche organolettiche di gran lunga migliori di quella trattata con cloro e derivati. Oltre che nel trattamento delle acque l'ozono è un agente usato anche in altre innumerevoli applicazioni industriali tra cui anche la purificazione dei reflui industriali contenenti fenoli, cianuri e certi metalli pesanti, come discusso in un recente rassegna (cfr. F. Cataldo, "Essay on the synthesis of Ozone.

Part 1: Electrochemical methods" in Recent Research and Development in Electrochemistry, volume 3, p. 61-77, Transworld Research Network ed., Trivandrum, India, 2000). Inoltre, l'ozono ha importanti impieghi nell'industria chimica; per esempio nella produzione di acido pelargonico e azelaico per mezzo dell'ozonolisi dell'acido oleico, nella sintesi dell'acido peracetico da acetaldeide e nell'ossidazione di steroidi per la preparazione del cortisone, nonché nella sintesi di certi agenti profumanti e nei processi di sbianca di fibre tessili e di altri prodotti (esempio nella preparazione del saccarosio). Malgrado tutte queste allettanti premesse, l'ozono resta un agente molto più costoso da produrre per esempio rispetto al cloro e l'elevato costo ne ha limitato alquanto l'applicazione e la diffusione. Occorre in particolare enfatizzare che i metodi elettrochimici



per la produzione di ozono non hanno mai raggiunto applicazioni industriali per ragioni di scarsa convenienza energetica (cfr. F. Cataldo, Part 1, Op. cit.) rispetto ai metodi correntemente usati per la sua generazione che impiegano dei processi a scarica elettrica nell'ossigeno o nell'aria (cfr. F. Cataldo, "Essay on the synthesis of Ozone. Part 2: *Electrical Discharge*" in *Recent Research and Development in Electrochemistry*, volume 3, p. 79-91, Transworld Research Network ed., Trivandrum, India, 2000). Tuttavia, come precedentemente affermato, l'ozono prodotto anche con i processi a scarica resta comunque energeticamente più costoso rispetto al cloro o ad altri agenti ossidanti.

Infatti, come discusso altrove (cfr. F. Cataldo, Part 1, Op. cit.) per produrre 1 Kg di cloro occorrono da 2,5 a 3,1 KWh se si elettrolizza NaCl e solo 1,8 KWh / kg di Cl₂ se si elettrolizza HCl. Questi dati vanno confrontati con l'energia necessaria per produrre ozono elettrochimicamente: servono almeno 50 KWh / Kg, mentre con i processi tradizionali a scarica elettrica in aria, l'ozono è prodotto con rese energetiche tra 20 e 30 KWh / Kg (cfr. F. Cataldo, Part 1 e 2, Op. cit.).

Dette rese possono migliorare ancora un poco se si impiega ossigeno puro al posto dell'aria, ma con un aggravio dei costi in quanto si parte da un materiale, l'ossigeno, non disponibile a costo zero come l'aria.

Essendo noto che l'ozono è tanto più stabile quanto più basse sono le temperature a cui viene tenuto e quanto più esso è diluito da un altro gas (cfr. F. Cataldo, Part 2, Op. cit.), si può affermare che il metodo elettrolitico per la produzione di ozono diverrebbe conveniente e competitivo al metodo corrente della scarica elettrica nell'aria o in



ossigeno, se si potesse condurre l'elettrolisi a basse temperature. Infatti, come dimostrato dal nostro lavoro e da quello di altri ricercatori (cfr. F. Cataldo, Part 1, Op. cit.), una volta scelto l'elettrolita più opportuno, le rese in ozono aumentano drasticamente scegliendo di condurre l'elettrolisi alla più bassa temperatura possibile compatibilmente col punto di congelamento della soluzione elettrolitica impiegata e della conducibilità elettrica della stessa che diminuisce col diminuire della temperatura; occorre dunque scegliere la temperatura atta ad avere livelli ragionevoli di conducibilità elettrica. In queste condizioni le rese energetiche si aggirano sui 18 KWh / Kg di O₃ (cfr. F. Cataldo, Part 1, Op. cit.) ma purtroppo bisogna spendere altra energia per raffreddare la soluzione sotto elettrolisi a temperature di almeno -10°C fino a -50°C e ciò fa perdere convenienza al processo.

Il presente brevetto di invenzione copre una tecnologia assolutamente rivoluzionaria e mai applicate nella elettrochimica di ricerca e nella elettrochimica industriale, questa tecnologia comprende l'impiego di un l'anodo per cella elettrochimica raffreddato mediante effetto Peltier, il fatto che questo anodo è in serie col sistema di refrigerazione ad effetto Peltier e l'allontanamento dell'ozono dall'anodo mediante gorgogliamento di aria, ossigeno o altro opportuno gas. Oggetto del brevetto è realizzare questi concetti applicandoli ad una cella elettrochimica rivoluzionaria atta a produrre ozono in condizioni ottimali energeticamente veramente competitive.

Poiché le migliori rese in fatto di ozono elettrochimico si ottengono a basse temperature, noi abbiamo pensato che non occorre raffreddare tutta





la cella per avere alte rese in ozono ma basta raffreddare l'anodo cioè l'elettrodo sulla superficie del quale avvengono le reazioni che portano alla produzione dell'ozono. Infatti, l'ozono si forma proprio sulla superficie anodica e i processi elettrochimici e chimici che comportano la sua formazione e distruzione avvengono proprio sulla superficie anodica e sono indissolubilmente legati alla temperatura in cui si trova tale superficie. Il fatto di raffreddare l'anodo mediante effetto Peltier è grande vantaggio poiché l'anodo stesso può essere costruito sotto forma di lamiera sottile di platino od altro adatto metallo. E raffreddare questa lamina e mantenerla alla temperatura voluta richiede un dispendio di energia minimo rispetto alla necessità di raffreddare tutta la cella.

Un'altra condizione per avere un'alta resa in ozono consiste nell'impiego di alte densità di corrente all'anodo (cfr. F. Cataldo, Part 1, Op. cit.), infatti in questa maniera si raggiunge una elevata concentrazione di ossigeno atomico talché esso viene in larga parte impiegato per la formazione dell'ozono a scapito dell'ossigeno molecolare: $3 O^{abs} \rightarrow O_3^{abs} \rightarrow O_3^{gas}$, tuttavia le alte densità di corrente, che sono poi quelle che ci portano le alte rese in ozono, sono anche quelle che scaldano fortemente l'elettrodo per effetto Joule e di conseguenza, a più elevate temperature torna ad essere dominante e competitiva la reazione che porta ad ossigeno molecolare. Noi abbiamo pensato di collegare in serie il sistema di raffreddamento Peltier e l'anodo elettrochimico servito da tale sistema per realizzare una condizione unica: tenere la temperatura dell'anodo elettrochimico la più bassa possibile applicandogli però la più alta densità di corrente. Infatti con questa connessione quanto più elevata sarà la

densità di corrente anodica applicata alla cella elettrochimica tanto maggiore sarà anche il raffreddamento Peltier esercitato sull'anodo stesso. Inoltre si realizza una situazione quasi ideale in quanto con un unico circuito si alimenta sia il raffreddamento Peltier e sia l'anodo della cella elettrochimica.

Come si è detto l'ozono è poco stabile. La sua semivita dipende dalla sua concentrazione e dalla temperatura in cui si trova. Basse temperature e basse concentrazioni sono ideali per evitare un rapido decadimento dell'ozono. La nostra cella prevede anche il gorgogliamento nel compartimento anodico di aria, ossigeno o altro gas allo scopo di allontanare e diluire l'ozono proprio per evitare che esso vada incontro a rapida decomposizione e per assicurare alte rese. In combinazione o in alternativa al gorgogliamento di aria, ossigeno o altro gas si può anche pensare alla applicazione di trasduttori ultrasonorici in prossimità dell'anodo della cella allo scopo di accelerare il degasaggio e la coalescenza delle bolle di gas che si formano all'anodo come abbiamo già proposto in un altro precedente brevetto di invenzione industriale (cfr. Franco Cataldo, Brevetto Italiano N°01245698 del 26 Maggio 1991).

I sistemi ad effetto Peltier sono ben descritti in molti testi (cfr. J.N. Shive, *Semiconductor Devices*, D.Van Nostrand Editor, Princeton, [1964]. R.M. Rose, L.A. Shepard, J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. 4: *Electronic Properties*, Chapter 8, J. Wiley & Sons, New York [1966]. M.W. Zemansky, *Heat and Thermodynamics*, MacGraw-Hill Book Company, 5th ed., New York, [1968]) e noi quindi qui ci limitiamo a discutere solo aspetti applicativi pertinenti la nostra invenzione e



precisamente le conseguenze dell'interfacciamento di un anodo di una cella elettrochimica con un sistema di refrigerazione ad effetto Peltier nonché la connessione in serie tra anodo cella elettrochimica e batteria ad effetto Peltier. Un sistema ad effetto Peltier è costituito (Cfr Shive Op. cit, Rose et al. Op. cit. e Zemansky Op. cit.) da un certo numero di elementi semiconduttori per esempio al tellurio di bismuto p-Bi₂Te₃ e n-Bi₂Te₃ collegati in serie facendo attenzione che vi sia una continua alternanza tra elementi semiconduttori drogati "p" aventi cioè un eccesso di lacune e di quelli drogati "n" con un eccesso di elettroni (si veda disegno allegato). Il tellurio di bismuto è uno dei migliori materiali per sistemi sfruttanti l'effetto Peltier in quanto è economico ha un elevato coefficiente Seebeck (che è proporzionale al coefficiente Peltier) pari a 423 μ V/K, una buona conducibilità elettrica e una scarsa conducibilità termica (cfr Zemansky, Op. cit.). Facendo passare una corrente continua attraverso i menzionati semiconduttori collegati in serie, si avrà assorbimento di calore lungo le giunzioni p-n ed emissione di calore Peltier nelle giunzioni n-p. Un opportuno orientamento di tali giunzioni (vedi disegno allegato, ma anche Shive, Op. cit, Rose et al., Op. cit. e Zemansky Op. cit.) permette di raffreddare una superficie (per esempio quella su cui giace l'anodo della nostra cella elettrochimica e di dissipare calore nella faccia opposta ove per esempio un apposito liquido refrigerante (acqua corrente) lo asporta via (vedi disegno). L'equazione che regola il funzionamento di un frigorifero Peltier è la seguente (Zemansky Op. cit.):

$$Q_{\text{Peltier}} = T_{\text{faccia fredda}} \times (\text{coefficiente Seebeck}) \times (\text{Intensità di corrente}) \times (\text{numero di elementi Peltier})$$



Da cui si evince che il calore Peltier Q_{Peltier} (in Watt), è proporzionale alla temperatura a cui viene portato l'anodo Peltier $T_{\text{faccia fredda}}$ (in gradi Kelvin), al coeff. Seebeck (in V/K) e all'intensità corrente (in Ampere).

Si può anche prevedere di sistemare più elementi Peltier in cascata come illustrato da Rose et al. (Op. cit.). Il vantaggio di avere una serie di elementi Peltier in cascata è quello di poter effettuare un raffreddamento dell'anodo molto più efficace rispetto al caso in cui si ha una sola serie di elementi Peltier. Conseguentemente, gli elementi Peltier in cascata danno la possibilità di raggiungere temperature molto basse.

DESCRIZIONE DELLA CELLA

Forma pertanto oggetto del presente brevetto la cella elettrochimica schematizzata nel disegno allegato. E' di per sé evidente che la cella rappresentata in disegno è solo uno schema generale rappresentante la forma preferita di realizzazione dell'invenzione. E' ovvio affermare che coloro che sono esperti nell'arte possono applicare varianti e modifiche alla cella oggetto della presente invenzione, talché dette modifiche la rendano più efficiente senza per questo uscire dall'ambito di protezione del presente brevetto.

Come illustrato nell'allegato disegno, la cella oggetto del presente brevetto è alimentata da un generatore (a) di corrente continua con possibilità di regolare corrente e tensione, munita di amperometro (b) e di interruttore (c). Il catodo in platino (d) è immerso nel comparto catodico della cella elettrochimica (e_1) e su di esso si scarica idrogeno che viene inviato ad un collettore di raccolta. Il comparto anodico (e_2) della cella elettrochimica è separato dal comparto catodico (e_1) mediante una membrana



ionopermeabile (f) (per esempio in Nafion). Questa membrana permette il passaggio di corrente elettrica in quanto permette il passaggio degli ioni attraverso essa ma evita il rimescolamento delle soluzioni e soprattutto il rimescolamento del gas catodico con quello anodico, rimescolamento che non deve avvenire in quanto abbasserebbe le rese in ozono e potrebbe dare luogo anche ad altri indesiderati inconvenienti.

Nel comparto anodico (e₂) della cella elettrochimica si affaccia l'anodo in platino (g) raffreddato per effetto Peltier. Su detto anodo si formano simultaneamente ozono e ossigeno che vengono convogliati in un collettore per gas separato da quello per il gas catodico. Pur non essendo mostrato in figura per semplicità di rappresentazione, si prevede anche un sistema di gorgogliamento di aria, ossigeno o altro gas all'interno del comparto anodico della cella allo scopo di diluire e trasportare via i gas anodici una volta formati, evitando un loro accumulo eccessivo nella cella stessa, accumulo che si rivelerebbe dannoso ai fini della resa in ozono. Detto sistema è costituito da un tubo adduttore del gas prescelto posto all'interno del comparto anodico. Alternativamente o in concomitanza col sistema di gorgogliamento gas, si può prevedere anche l'applicazione di uno o più trasduttori ultrasuoni applicati per esempio alla base del comparto anodico della cella e la cui funzione è quella di inviare onde ultrasonore atte ad accrescere la coalescenza delle bolle di gas e il loro allontanamento dalla soluzione.

Come si può osservare dal disegno allegato, l'anodo in platino (g) è collegato in serie con la cella a raffreddamento Peltier (f) mediante la connessione elettrica (h). In questo modo con un unico circuito è possibile





alimentare simultaneamente sia la produzione di ozono nella cella elettrochimica sia il raffreddamento dell'anodo con la cella a effetto Peltier. In particolare, ricordiamo qui che per la legge di Faraday le masse liberate agli elettrodi sono direttamente proporzionali alla intensità di corrente che attraversa la cella elettrochimica mentre nel caso dell'effetto Peltier l'azione refrigerante è tanto maggiore quanto più elevata e l'intensità di corrente che percorre la cella Peltier. Ne segue appunto che le più alte rese in ozono si realizzeranno operando con elevate densità di corrente (esprese in A/cm^2) e anche il raffreddamento più intenso lo si otterrà operando con elevate intensità di corrente.

La cella Peltier riprodotta interfacciata con l'anodo in platino della cella elettrochimica è una cella convenzionale analoga a quella descritta da Zemansky Op. cit. o da Rose et al. Op. cit. Essa consta di una piastra elettroisolante ma termococonduttrice (i) atta a raffreddare l'anodo (g). Di solito la piastra (i) è realizzata in un adatto materiale ceramico. La cella ad effetto Peltier vero e proprio (j) consta di una serie di elementi connessi in serie costituiti da una batteria di semiconduttori in tellururo di bismuto (p-Bi₂Te₃ e n-Bi₂Te₃) drogati p o n e connessi in serie tra loro e poi in serie con l'anodo della cella elettrochimica mediante la connessione elettrica (h). Le giunzioni p-n e n-p tra i vari elementi sono orientate in maniera tale che quelle che provocano un raffreddamento al passaggio della corrente siano orientate verso la piastra (i) e quindi verso l'anodo (j) mentre quelle che provocano un riscaldamento Peltier siano orientate verso le alette di raffreddamento (k). Come si vede dal disegno allegato, il calore prelevato dall'anodo "g" viene disperso mediante le alette metalliche forate "k"

immerse in un flusso continuo di acqua fredda e corrente di rete.

ESEMPI 1-11

La cella viene caricata con 150 ml di acido del tipo e nella concentrazione indicata in tabella. Si applicano da 4,0 V a 30 V e si misura con un amperometro la corrente che passa nella cella elettrochimica e quindi anche in quella Peltier, essendo le due celle collegate in serie. Le prove vengono eseguite a differenti temperature elettrodiche e sono riassunte nella seguente tabella. L'ozono prodotto, è stato determinato per via iodometrica facendolo assorbire e reagire in una soluzione di KI al 7% fortemente acidificata con acido acetico, titolando lo iodio spostato mediante una soluzione a titolo noto di tiosolfato sodico. In base alle leggi di Faraday, conoscendo la quantità di corrente che ha attraversato la cella in un certo lasso di tempo, è possibile sapere quanto ossigeno si è liberato all'anodo. Nota la quantità di ozono contenuta in esso e determinata per via iodometrica, è possibile risalire al rapporto percentuale in peso tra O_3/O_2 nell'unità di tempo (per una discussione dettagliata su questo calcolo si veda F. Cataldo, Part 1, Op. cit.).

Il consumo di energia per Kg di ozono prodotto è stato calcolato mediante il prodotto tra la tensione applicata, la corrente che attraversa la cella e il tempo in secondi in cui la si è fatta funzionare.

(SEGUE TABELLA)



Tabella 1

ES. N°	ELETTROLITO	TEMP. (°C) ANODICA	RESA (in peso) O ₃ /O ₂ %	KWh/Kg O ₃
1	HPF ₆ 5.25M	30°	36	25
2	HPF ₆ 5.25M	10°	52	23
3	HPF ₆ 5.25M	0°	70	19
4	HPF ₆ 5.25M	-5°	78	17
5	H ₂ SO ₄ 4,5 M	30°	3	155
6	H ₂ SO ₄ 4,5 M	-15°	22	35
7	H ₂ SO ₄ 1.5M +KF 0.2M	15°	16	30
8	H ₂ SO ₄ 1.5M +KF 0.2M	0°	27	22
9	HBF ₄ 8.0 M	5°	18	35
10	HClO ₄ 40%	30	5	148
11	HClO ₄ 40%	-40°	29	42

I dati riportati in Tabella 1 rappresentano i migliori risultati ottenuti con la cella oggetto del brevetto. Si può anche notare che la scelta degli elettroliti influenza notevolmente le rese in ozono. I migliori risultati in assoluto sono stati ottenuti con acido esafluorofosforico concentrato, ma anche gli altri elettroliti hanno dato degli eccellenti risultati. Dai dati riportati si desume chiaramente l'effetto positivo apportato alle rese di ozono dal raffreddamento dell'anodo mediante effetto Peltier. Le rese in ozono crescono con l'abbassamento della temperatura anodica. Un altro aspetto fondamentale concerne il fatto che con il metodo elettrochimico è possibile generare ozono ad elevatissima concentrazione perfino oltre il 70% in certe condizioni. Questo non è assolutamente realizzabile con la



RM2001 A 0000411

corrente tecnologia della scarica elettrica ove la concentrazione di ozono non supera mai il 5% mentre con il metodo elettrochimico proposto è possibile produrre ozono a concentrazioni considerevolmente superiori e questo è un indubbio vantaggio quando lo si deve impiegare in impieghi industriali compresa la potabilizzazione delle acque o la disinfezione delle acque luride. Infatti, col crescere della concentrazione con cui si impiega un potente agente ossidante (in questo caso l'ozono) cresce anche la velocità di reazione e l'efficacia mediante la quale l'ossidante distrugge e ossida le sostanze organiche contenute nel substrato da trattare.

RIVENDICAZIONI

1. Cella elettrochimica con anodo raffreddato con un sistema ad effetto Peltier costruita secondo lo schema generale riportato nel disegno allegato e atta a generare ozono elettrochimico con rese elevate.
2. Cella come da rivendicazione 1 caratterizzata dal fatto che l'anodo della cella elettrochimica è interfacciato con un sistema frigorifero Peltier (j nel disegno allegato) applicato in modo da asportare il calore dall'anodo (g nel disegno allegato) verso un sistema di raffreddamento a circolazione di acqua (k nel disegno). Il sistema di raffreddamento Peltier applicato all'anodo può essere del tipo semplice o operante in cascata.
3. Cella come da rivendicazione 1 e 2 caratterizzata dal fatto che il sistema di raffreddamento Peltier (j nel disegno allegato) è collegato in serie con l'anodo della cella elettrochimica (g nel disegno allegato). In questo modo con un unico circuito si alimentano simultaneamente il frigorifero a effetto Peltier (j nel disegno) e la cella elettrochimica



RM2001 A 0000411

corrente tecnologia della scarica elettrica ove la concentrazione di ozono non supera mai il 5% mentre con il metodo elettrochimico proposto è possibile produrre ozono a concentrazioni considerevolmente superiori e questo è un indubbio vantaggio quando lo si deve impiegare in impieghi industriali compresa la potabilizzazione delle acque o la disinfezione delle acque luride. Infatti, col crescere della concentrazione con cui si impiega un potente agente ossidante (in questo caso l'ozono) cresce anche la velocità di reazione e l'efficacia mediante la quale l'ossidante distrugge e ossida le sostanze organiche contenute nel substrato da trattare.

RIVENDICAZIONI

1. Cella elettrochimica con anodo raffreddato con un sistema ad effetto Peltier costruita secondo lo schema generale riportato nel disegno allegato e atta a generare ozono elettrochimico con rese elevate.
2. Cella come da rivendicazione 1 caratterizzata dal fatto che l'anodo della cella elettrochimica è interfacciato con un sistema frigorifero Peltier (j nel disegno allegato) applicato in modo da asportare il calore dall'anodo (g nel disegno allegato) verso un sistema di raffreddamento a circolazione di acqua (k nel disegno). Il sistema di raffreddamento Peltier applicato all'anodo può essere del tipo semplice o operante in cascata.
3. Cella come da rivendicazione 1 e 2 caratterizzata dal fatto che il sistema di raffreddamento Peltier (j nel disegno allegato) è collegato in serie con l'anodo della cella elettrochimica (g nel disegno allegato). In questo modo con un unico circuito si alimentano simultaneamente il frigorifero a effetto Peltier (j nel disegno) e la cella elettrochimica



attraverso l'anodo (g nel disegno allegato) e il catodo (d nel disegno allegato).

4. La cella secondo le rivendicazioni da 1 a 3 è congelata in modo tale da far sì che l'anodo sia mantenuto alla più bassa temperatura possibile durante l'elettrolisi per la generazione di ozono. E' congelata in modo tale che col crescere dell'intensità di corrente elettrica che attraversa il circuito come da rivendicazione 3 si ottengano simultaneamente un sempre più intenso raffreddamento dell'anodo e una maggiore quantità di ozono prodotto.

5. Cella secondo le rivendicazioni da 1 a 4 in cui l'ozono prodotto viene diluito mediante gorgogliamento di un gas vettore all'interno del comparto anodico.

6. Cella secondo le rivendicazioni da 1 a 5 su cui è applicato anche un trasduttore ultrasonoro atto ad aumentare la coalescenza delle bolle di gas prodotte all'anodo.

7. Procedimento per la produzione di ozono mediante elettrolisi di soluzioni di acidi forti in presenza di altri eventuali additivi impiegando la nuova cella elettrochimica, con anodo ad effetto Peltier descritta secondo le rivendicazioni 1,2,3,4,5 e 6.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 7 in cui la soluzione impiegata per l'elettrolisi è quella dell'acido esafluorofosforico (HPF_6) concentrato e preferibilmente avente una concentrazione di circa 5.25 M.

9. Procedimento secondo la rivendicazione 7 in cui la soluzione impiegata per l'elettrolisi è quella dell'acido solforico (H_2SO_4) a



qualsiasi concentrazione e preferibilmente avente una concentrazione di circa 4.5 M o di 1.5 M, in presenza o in assenza di altri additivi.

10. Procedimento secondo la rivendicazione 9 in cui l'additivo aggiunto è un sale inorganico del fluoro in genere e il fluoruro di potassio in particolare.

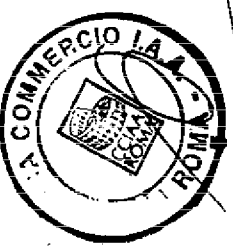
11. Procedimento secondo la rivendicazione 7 in cui la soluzione impiegata per l'elettrolisi è quella dell'acido tetrafluoroborico (HBF_4) concentrato.

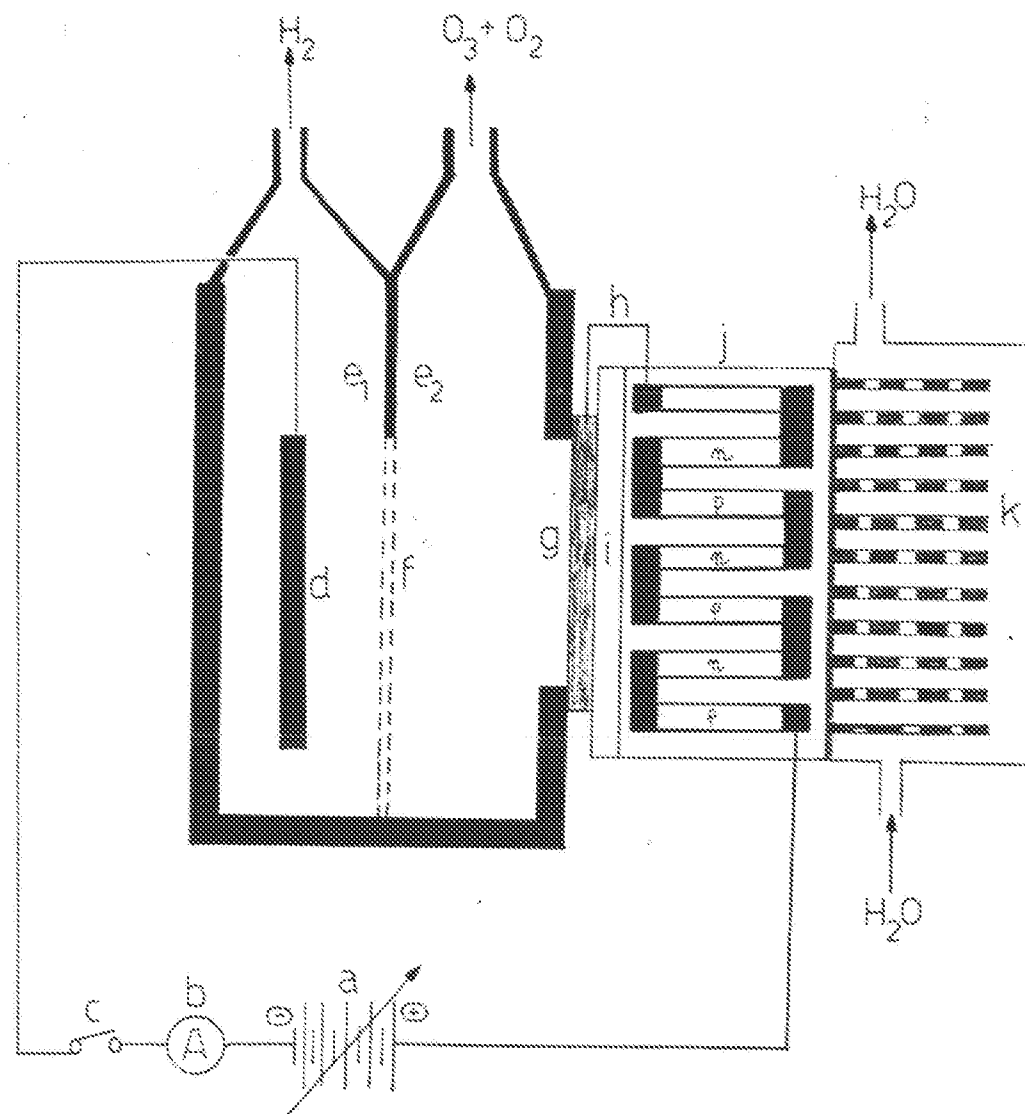
12. Procedimento secondo la rivendicazione 7 in cui la soluzione impiegata per l'elettrolisi è quella dell'acido perclorico (HClO_4) a qualsiasi concentrazione e preferibilmente avente una concentrazione del 40%.

13. Cella elettrochimica con anodo raffreddato mediante frigorifero ad effetto Peltier e procedimenti di produzione dell'ozono sostanzialmente come descritto nel brevetto e in accordo con le precedenti rivendicazioni da 1 a 13.

Roma, addì... *29-gennaio-2001*

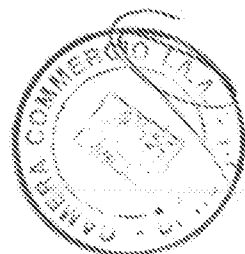
L'inventore: Dott. Prof. Franco Cataldo





LEGENDA DISEGNO

- a. Generatore di corrente continua con possibilità di regolare corrente e tensione.
- b. Amperometro
- c. Interruttore
- d. Catodo in platino su cui si libera idrogeno
- e. (e₁) comparto catodico della cella elettrochimica; (e₂) comparto anodico della cella elettrochimica
- f. Membrana ionopermeabile (per esempio in Nafion) separante comparto anodico da quello catodico.
- g. Anodo della cella elettrochimica in platino raffreddato per effetto Peltier ove si liberano ozono e ossigeno.
- h. Connessione elettrica in serie dell'anodo della cella elettrochimica col sistema di refrigerazione ad effetto Peltier
- i. Piastra elettroisolante ma termococonduttrice atta a raffreddare l'anodo "g".
- j. Sistema di refrigerazione Peltier costituito da una batteria di semiconduttori in tellururo di bismuto (p-Bi₂Te₃ e n-Bi₂Te₃) drogati p o n e connessi in serie tra loro e poi in serie con l'anodo della cella elettrochimica mediante la connessione elettrica "h".
- k. Sistema di dissipazione del calore Pelier. Il calore prelevato dall'anodo "g" viene disperso mediante le alette metalliche forate "k" immerse in un flusso continuo di acqua fredda e corrente di rete.



Handwritten signature: F. Rinaldi

PM2001A000041