



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

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102011901909789</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>26/01/2011</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>26/07/2012</b>

Classifiche IPC

Titolo

<b>ELETTRODO PER EVOLUZIONE DI OSSIGENO IN PROCESSI ELETTROCHIMICI INDUSTRIALI</b>
--

Titolo: ELETTRODO PER EVOLUZIONE DI OSSIGENO IN PROCESSI  
ELETTROCHIMICI INDUSTRIAL

DESCRIZIONE DI INVENZIONE INDUSTRIALE

A NOME: INDUSTRIE DE NORA S.p.A.

AMBITO DELL'INVENZIONE

L'invenzione è relativa a un elettrodo adatto al funzionamento come anodo in celle elettrochimiche, ad esempio come anodo per evoluzione di ossigeno in celle elettrolitiche per processi elettrometallurgici.

ANTECEDENTI DELL'INVENZIONE

L'invenzione è relativa a un elettrodo adatto all'utilizzo in processi elettrochimici industriali, ad esempio in applicazioni elettrolitiche che prevedono una reazione anodica di evoluzione di ossigeno. Gli anodi per evoluzione di ossigeno sono ampiamente utilizzati in diverse applicazioni elettrolitiche, diverse delle quali rientrano nell'ambito dell'elettrometallurgia e spaziano in un vasto intervallo in termini di densità di corrente applicata, che può essere molto ridotta (ad esempio poche centinaia di A/m<sup>2</sup>, come nei processi di electrowinning) ma anche molto elevata (ad esempio la galvanica veloce, nella quale è possibile superare i 10 kA/m<sup>2</sup>, riferiti alla superficie anodica); un altro campo di applicazione degli anodi per evoluzione di ossigeno è dato dalla protezione catodica per corrente impressa. Elettrodi adatti allo sviluppo anodico di ossigeno possono essere ottenuti a partire da substrati di metalli valvola, ad esempio titanio e sue leghe, rivestiti con composizioni catalitiche a base di metalli di transizione o loro ossidi, caratterizzate dalla capacità di abbassare la sovratensione della reazione di scarica anodica dell'ossigeno, troppo elevata per poter consentire l'effettuazione di processi industriali in assenza di sistemi

catalitici. Una composizione adatta a catalizzare la reazione di evoluzione anodica di ossigeno è ad esempio costituita da una miscela di ossidi di iridio e tantalio, ove l'iridio costituisce la specie cataliticamente attiva ed il tantalio agevola la formazione di un rivestimento compatto, in grado di proteggere il substrato di metallo valvola da fenomeni di corrosione soprattutto operando con elettroliti aggressivi. Una formulazione di anodo adatto all'evoluzione anodica di ossigeno in molti processi elettrochimici industriali comprende un substrato di titanio ed un rivestimento catalitico costituito da ossidi di iridio e tantalio con una composizione molare riferita ai metalli pari a 65% Ir e 35% Ta. Un'altra formulazione di anodo adatto all'evoluzione anodica di ossigeno comprendente un substrato di titanio o altro metallo valvola e un rivestimento catalitico costituito da uno o più strati, il cui strato più esterno, adatto a lavorare a contatto con l'elettrolita, è costituito da ossidi di iridio, tantalio e titanio. In alcuni casi, ad esempio al fine di operare con elettroliti molto acidi o altrimenti corrosivi, può essere vantaggioso interporre tra il substrato di titanio e il rivestimento catalitico uno strato protettivo intermedio, costituito ad esempio da ossidi di titanio e tantalio con una composizione molare riferita ai metalli pari a 80%Ti e 20% Ta. Questo tipo di elettrodi può essere preparato in diversi modi, ad esempio per decomposizione termica a temperatura elevata, ad esempio tra 400 e 600°C, di una soluzione di precursori. Elettrodi con le composizioni indicate sono in grado di far fronte alle esigenze di numerose applicazioni industriali, sia a bassa che ad elevata densità di corrente, con tempi di vita operativa ragionevoli. L'economia di certi processi produttivi soprattutto in ambito metallurgico (ad esempio la deposizione di rame in processi galvanici per la produzione di circuiti stampati e di copper foil) richiede tuttavia che gli

elettrodi abbiano una durata sempre più elevata, a fronte di un potenziale di evoluzione di ossigeno opportunamente ridotto anche ad elevata densità di corrente: il potenziale di evoluzione di ossigeno è infatti uno dei fattori preponderanti nella determinazione della tensione operativa di processo e quindi del consumo energetico complessivo. Inoltre, il tempo di vita operativo degli anodi a base di metalli nobili o loro ossidi su substrati di metalli valvola si riduce notevolmente in presenza di contaminanti particolarmente aggressivi, in grado di instaurare fenomeni accelerati di corrosione o di inquinamento della superficie anodica. Si evidenzia perciò l'esigenza di disporre di anodi per sviluppo di ossigeno caratterizzati da un basso sovrapotenziale di evoluzione di ossigeno e da durate operative superiori anche in condizioni di processo particolarmente critiche, come una elevata densità di corrente o la presenza di elettroliti particolarmente aggressivi, ad esempio per la presenza di specie contaminanti.

#### RIASSUNTO DELL'INVENZIONE

Vari aspetti della presente invenzione sono enunciati nelle rivendicazioni annesse. In una forma di realizzazione, la presente invenzione è relativa a un elettrodo per evoluzione di ossigeno in processi elettrochimici che comprende un substrato di metallo valvola, un rivestimento catalitico comprendente uno strato interno di ossidi di iridio e tantalio con una composizione molare Ir 60-70%, Ta 30-40% riferita ai metalli e un rivestimento esterno di ossidi di metalli valvola.

Per lo scopo dell'invenzione, con metallo valvola si intende un metallo che, quando ossidato, se usato come catodo permette alla corrente di passare, ma si oppone al flusso di corrente se usato come anodo.

Gli inventori hanno sorprendentemente osservato che l'aggiunta di un rivestimento esterno di ossidi di metallo valvola ha la capacità di incrementare notevolmente la durata di un elettrodo utilizzato per l'evoluzione anodica di ossigeno, migliorandone anche la tolleranza alla presenza di specie contaminanti, senza aumentare il potenziale di evoluzione di ossigeno.

In una forma di realizzazione, il rivestimento catalitico è costituito da più strati e comprende anche un secondo strato intermedio di ossidi di iridio, tantalio e titanio con una composizione molare Ir 76-84%, Ta 15-23%, Ti 0.2-1.3% riferita ai metalli interposto tra il primo strato catalitico e il rivestimento esterno.

In una forma di realizzazione, gli ossidi di metallo valvola del rivestimento esterno sono ossidi di tantalio o di stagno o di zirconio.

In una forma di realizzazione il carico specifico di iridio nel rivestimento catalitico è compreso tra 5 e 50 g/m<sup>2</sup>. In una forma di realizzazione il carico specifico degli ossidi del rivestimento esterno del rivestimento catalitico secondo l'invenzione è compreso tra 2 e 7 g/m<sup>2</sup>. In una forma di realizzazione, perché il potenziale di evoluzione di ossigeno sull'elettrodo non raggiunga valori elevati, si preferisce limitare il carico specifico di ossidi di metallo valvola tra 2.9 e 3.5 g/m<sup>2</sup>.

In una forma di realizzazione l'elettrodo comprende uno strato di protezione intermedio a base di ossidi di titanio o tantalio interposto tra il substrato e il rivestimento catalitico.

Sotto un altro aspetto, l'invenzione è relativa a un metodo di preparazione di un elettrodo con le caratteristiche sopra descritte, che comprende la formazione di un rivestimento esterno avente una composizione come descritto sopra, per applicazione e successiva decomposizione termica di una soluzione

contenente un precursore di tantalio o di stagno o di zirconio.

Sotto un altro aspetto, l'invenzione è relativa a un processo elettrochimico industriale comprendente l'evoluzione anodica di ossigeno da un bagno elettrolitico su un elettrodo avente le caratteristiche sopra descritte.

Alcuni tra i più significativi risultati ottenuti dagli inventori sono presentati nei seguenti esempi, che non intendono limitare l'ambito dell'invenzione.

#### ESEMPIO 1

Una lamiera di titanio grado 1 di dimensioni 200 x 200 x 3 mm è stata sgrassata e sottoposta prima a sabbiatura con graniglia metallica fino ad ottenere un valore di rugosità superficiale  $R_z$  compreso tra 70 e 100  $\mu\text{m}$ , poi a decapaggio in HCl al 20% in peso e ad una temperatura di 90-100°C per 20 minuti.

Dopo asciugatura, alla lamiera è stato applicato uno strato di protezione a base di ossidi di titanio e tantalio in rapporto molare 80:20, per un carico complessivo di 0.6 g/m<sup>2</sup> riferito ai metalli (pari a 0.87 g/m<sup>2</sup> riferito agli ossidi). L'applicazione dello strato protettivo è stata effettuata mediante verniciatura in tre mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di TaCl<sub>5</sub>, acidificata con HCl, ad una soluzione acquosa di TiCl<sub>4</sub> – e successiva decomposizione termica a 500°C.

Sullo strato di protezione è stato quindi applicato un rivestimento catalitico a base di ossidi di iridio e tantalio in rapporto ponderale 65:35 (pari a un rapporto molare di circa 66.3:36.7), per un carico complessivo di iridio di 10 g/m<sup>2</sup>. L'elettrodo è stato trattato termicamente per 2h a 515°C, quindi si è proceduto con l'applicazione del rivestimento esterno (pari a 3 g/m<sup>2</sup> riferito agli ossidi) effettuata mediante verniciatura in 2 mani con una soluzione una soluzione

acquosa di  $\text{TaCl}_5$ , acidificata con  $\text{HCl}$ . Tre campioni di superficie pari a  $1 \text{ cm}^2$  sono stati ritagliati dall'elettrodo così ottenuto e sottoposti ad un test di durata accelerato sotto evoluzione anodica di ossigeno, misurando il tempo di disattivazione (definito come il tempo di esercizio necessario ad osservare un aumento di potenziale pari a  $1 \text{ V}$ ) in  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $150 \text{ g/l}$ , alla temperatura di  $60^\circ\text{C}$  e ad una densità di corrente di  $30 \text{ kA/m}^2$ . Il tempo di disattivazione medio per i tre campioni è risultato essere di 1370 ore.

## ESEMPIO 2

Una lamiera di titanio grado 1 di dimensioni  $200 \times 200 \times 3 \text{ mm}$  è stata sgrassata e sottoposta prima a sabbiatura con graniglia metallica fino ad ottenere un valore di rugosità superficiale  $R_z$  compreso tra  $70$  e  $100 \text{ }\mu\text{m}$ , poi a decapaggio in  $\text{HCl}$  al  $20\%$  in peso e ad una temperatura di  $90\text{-}100^\circ\text{C}$  per 20 minuti.

Dopo asciugatura, alla lamiera è stato applicato uno strato di protezione a base di ossidi di titanio e tantalio in rapporto molare  $80:20$ , per un carico complessivo di  $0.6 \text{ g/m}^2$  riferito ai metalli (pari a  $0.87 \text{ g/m}^2$  riferito agli ossidi). L'applicazione dello strato protettivo è stata effettuata mediante verniciatura in tre mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di  $\text{TaCl}_5$ , acidificata con  $\text{HCl}$ , ad una soluzione acquosa di  $\text{TiCl}_4$  – e successiva decomposizione termica a  $500^\circ\text{C}$ .

Sullo strato di protezione è stato quindi applicato un rivestimento catalitico a base di ossidi di iridio e tantalio in rapporto ponderale  $65:35$  (pari a un rapporto molare di circa  $66.3:36.7$ ), per un carico complessivo di iridio di  $10 \text{ g/m}^2$ . L'elettrodo è stato trattato termicamente per 2h a  $515^\circ\text{C}$ , quindi si è proceduto con l'applicazione del rivestimento esterno (pari a  $3,4 \text{ g/m}^2$  riferito agli ossidi)

effettuata mediante verniciatura in 2 mani con una soluzione una soluzione acetica di Sn 0,9 M. Tre campioni di superficie pari a 1 cm<sup>2</sup> sono stati ritagliati dall'elettrodo così ottenuto e sottoposti ad un test di durata accelerato sotto evoluzione anodica di ossigeno, misurando il tempo di disattivazione (definito come il tempo di esercizio necessario ad osservare un aumento di potenziale pari a 1 V) in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 150 g/l, alla temperatura di 60°C e ad una densità di corrente di 30 kA/m<sup>2</sup>. Il tempo di disattivazione medio per i tre campioni è risultato essere di 1440 ore.

### ESEMPIO 3

Una lamiera di titanio grado 1 di dimensioni 200 x 200 x 3 mm è stata sgrassata e sottoposta prima a sabbiatura con graniglia di ferro fino ad ottenere un valore di rugosità superficiale R<sub>z</sub> compreso tra 70 e 100 µm, poi a decapaggio in HCl al 20% in peso e ad una temperatura di 90-100°C per 20 minuti.

Dopo asciugatura, alla lamiera è stato applicato uno strato di protezione a base di ossidi di titanio e tantalio in rapporto molare 80:20, per un carico complessivo di 0.6 g/m<sup>2</sup> riferito ai metalli (pari a 0.87 g/m<sup>2</sup> riferito agli ossidi). L'applicazione dello strato protettivo è stata effettuata mediante verniciatura in tre mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di TaCl<sub>5</sub>, acidificata con HCl, ad una soluzione acquosa di TiCl<sub>4</sub> – e successiva decomposizione termica a 500°C.

Sullo strato di protezione è stato quindi applicato un rivestimento catalitico costituito da due strati distinti: un primo strato (interno) a base di ossidi di iridio e tantalio in rapporto ponderale 65:35 (pari a un rapporto molare di circa 66.3:36.7), per un carico complessivo di iridio di 2 g/m<sup>2</sup> ed un secondo strato

(esterno) a base di ossidi di iridio, tantalio e titanio in rapporto ponderale 78:20:2 (corrispondente a un rapporto molare di circa 80.1: 19.4:0.5), per un carico complessivo di iridio di 10 g/m<sup>2</sup>.

L'applicazione dello strato catalitico interno è stata effettuata mediante verniciatura in 2 mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di H<sub>2</sub>IrCl<sub>6</sub> ad una soluzione acquosa di TaCl<sub>5</sub> fino al raggiungimento di una concentrazione di Ir pari a 76 g/l – e successiva decomposizione termica a 520°C.

L'applicazione dello strato catalitico esterno è stata effettuata mediante verniciatura in 4 mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di TaCl<sub>5</sub>, acidificata con HCl, ad una soluzione acquosa di TiCl<sub>4</sub>, quindi di H<sub>2</sub>IrCl<sub>6</sub> fino al raggiungimento di una concentrazione di Ir pari a 195 g/l – e successiva decomposizione termica a 480°C. L'elettrodo è stato trattato termicamente per 2h a 515°C, quindi si è proceduto con l'applicazione del rivestimento esterno (pari a 3 g/m<sup>2</sup> riferito agli ossidi) effettuata mediante verniciatura in 2 mani con una soluzione una soluzione acquosa di TaCl<sub>5</sub>, acidificata con HCl. Tre campioni di superficie pari a 10 cm<sup>2</sup> sono stati ritagliati dall'elettrodo così ottenuto e sottoposti ad un test di durata accelerato sotto evoluzione anodica di ossigeno, misurando il tempo di disattivazione (definito come il tempo di esercizio necessario ad osservare un aumento di potenziale pari a 1 V) in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 150 g/l, alla temperatura di 60°C e ad una densità di corrente di 30 kA/m<sup>2</sup>.

Il tempo di disattivazione medio per i tre campioni è risultato essere di 2420 ore.

ESEMPIO 4

Una lamiera di titanio grado 1 di dimensioni 200 x 200 x 3 mm è stata sgrassata e sottoposta prima a sabbiatura con graniglia di ferro fino ad ottenere un valore di rugosità superficiale  $R_z$  compreso tra 70 e 100  $\mu\text{m}$ , poi a decapaggio in HCl al 20% in peso e ad una temperatura di 90-100°C per 20 minuti.

Dopo asciugatura, alla lamiera è stato applicato uno strato di protezione a base di ossidi di titanio e tantalio in rapporto molare 80:20, per un carico complessivo di 0.6 g/m<sup>2</sup> riferito ai metalli (pari a 0.87 g/m<sup>2</sup> riferito agli ossidi). L'applicazione dello strato protettivo è stata effettuata mediante verniciatura in tre mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di TaCl<sub>5</sub>, acidificata con HCl, ad una soluzione acquosa di TiCl<sub>4</sub> – e successiva decomposizione termica a 500°C.

Sullo strato di protezione è stato quindi applicato un rivestimento catalitico costituito da due strati distinti: un primo strato (interno) a base di ossidi di iridio e tantalio in rapporto ponderale 65:35 (pari a un rapporto molare di circa 66.3:36.7), per un carico complessivo di iridio di 2 g/m<sup>2</sup> ed un secondo strato (esterno) a base di ossidi di iridio, tantalio e titanio in rapporto ponderale 78:20:2 (corrispondente a un rapporto molare di circa 80.1: 19.4:0.5), per un carico complessivo di iridio di 10 g/m<sup>2</sup>.

L'applicazione dello strato catalitico interno è stata effettuata mediante verniciatura in 2 mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di H<sub>2</sub>IrCl<sub>6</sub> ad una soluzione acquosa di TaCl<sub>5</sub> fino al raggiungimento di una concentrazione di Ir pari a 76 g/l – e successiva decomposizione termica a 520°C.

L'applicazione dello strato catalitico esterno è stata effettuata mediante

verniciatura in 4 mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di  $\text{TaCl}_5$ , acidificata con  $\text{HCl}$ , ad una soluzione acquosa di  $\text{TiCl}_4$ , quindi di  $\text{H}_2\text{IrCl}_6$  fino al raggiungimento di una concentrazione di Ir pari a 195 g/l – e successiva decomposizione termica a  $480^\circ\text{C}$ . L'elettrodo è stato trattato termicamente per 2h a  $515^\circ\text{C}$ , quindi si è proceduto con l'applicazione del rivestimento esterno (pari a  $3,4 \text{ g/m}^2$  riferito agli ossidi) effettuata mediante verniciatura in 2 mani con una soluzione una soluzione acetica di Sn 0,9 M.

Tre campioni di superficie pari a  $10 \text{ cm}^2$  sono stati ritagliati dall'elettrodo così ottenuto e sottoposti ad un test di durata accelerato sotto evoluzione anodica di ossigeno, misurando il tempo di disattivazione (definito come il tempo di esercizio necessario ad osservare un aumento di potenziale pari a 1 V) in  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 150 g/l, alla temperatura di  $60^\circ\text{C}$  e ad una densità di corrente di  $30 \text{ kA/m}^2$ .

Il tempo di disattivazione medio per i tre campioni è risultato essere di 1800 ore.

#### CONTROESEMPIO 1

Una lamiera di titanio grado 1 di dimensioni  $200 \times 200 \times 3 \text{ mm}$  è stata sgrassata e sottoposta prima a sabbiatura con graniglia di ferro fino ad ottenere un valore di rugosità superficiale  $R_z$  compreso tra 70 e  $100 \mu\text{m}$ , poi a decapaggio in  $\text{HCl}$  al 20% in peso e ad una temperatura di  $90\text{-}100^\circ\text{C}$  per 20 minuti.

Dopo asciugatura, alla lamiera è stato applicato uno strato di protezione a base di ossidi di titanio e tantalio in rapporto molare 80:20, per un carico complessivo di  $0.6 \text{ g/m}^2$  riferito ai metalli (pari a  $0.87 \text{ g/m}^2$  riferito agli ossidi).

L'applicazione dello strato protettivo è stata effettuata mediante verniciatura in tre mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di  $\text{TaCl}_5$ , acidificata con  $\text{HCl}$ , ad una soluzione acquosa di  $\text{TiCl}_4$  – e successiva decomposizione termica a  $500^\circ\text{C}$ .

Sullo strato di protezione è stato quindi applicato un rivestimento catalitico costituito a base di ossidi di iridio e tantalio in rapporto ponderale 65:35 (pari a un rapporto molare di circa 66.3:36.7), per un carico complessivo di iridio di  $10 \text{ g/m}^2$ .

Tre campioni di superficie pari a  $1 \text{ cm}^2$  sono stati ritagliati dall'elettrodo così ottenuto e sottoposti ad un test di durata accelerato sotto evoluzione anodica di ossigeno, misurando il tempo di disattivazione (definito come il tempo di esercizio necessario ad osservare un aumento di potenziale pari a  $1 \text{ V}$ ) in  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $150 \text{ g/l}$ , alla temperatura di  $60^\circ\text{C}$  e ad una densità di corrente di  $30 \text{ kA/m}^2$ . Il tempo di disattivazione medio per i tre campioni è risultato essere di 660 ore.

## CONTROESEMPIO 2

Una lamiera di titanio grado 1 di dimensioni  $200 \times 200 \times 3 \text{ mm}$  è stata sgrassata e sottoposta prima a sabbiatura con graniglia di ferro fino ad ottenere un valore di rugosità superficiale  $R_z$  compreso tra  $70$  e  $100 \text{ }\mu\text{m}$ , poi a decapaggio in  $\text{HCl}$  al 20% in peso e ad una temperatura di  $90\text{-}100^\circ\text{C}$  per 20 minuti.

Dopo asciugatura, alla lamiera è stato applicato uno strato di protezione a base di ossidi di titanio e tantalio in rapporto molare 80:20, per un carico complessivo di  $0.6 \text{ g/m}^2$  riferito ai metalli (pari a  $0.87 \text{ g/m}^2$  riferito agli ossidi). L'applicazione dello strato protettivo è stata effettuata mediante verniciatura in

tre mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di  $\text{TaCl}_5$ , acidificata con  $\text{HCl}$ , ad una soluzione acquosa di  $\text{TiCl}_4$  – e successiva decomposizione termica a  $500^\circ\text{C}$ .

Sullo strato di protezione è stato quindi applicato un rivestimento catalitico costituito da due strati distinti: un primo strato (interno) a base di ossidi di iridio e tantalio in rapporto ponderale 65:35 (pari a un rapporto molare di circa 66.3:36.7), per un carico complessivo di iridio di  $2 \text{ g/m}^2$  ed un secondo strato (esterno) a base di ossidi di iridio, tantalio e titanio in rapporto ponderale 78:20:2 (corrispondente a un rapporto molare di circa 80.1: 19.4:0.5), per un carico complessivo di iridio di  $10 \text{ g/m}^2$ .

L'applicazione dello strato catalitico interno è stata effettuata mediante verniciatura in 2 mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di  $\text{H}_2\text{IrCl}_6$  ad una soluzione acquosa di  $\text{TaCl}_5$  fino al raggiungimento di una concentrazione di Ir pari a  $76 \text{ g/l}$  – e successiva decomposizione termica a  $520^\circ\text{C}$ .

L'applicazione dello strato catalitico esterno è stata effettuata mediante verniciatura in 4 mani con una soluzione precursore – ottenuta per aggiunta di una soluzione acquosa di  $\text{TaCl}_5$ , acidificata con  $\text{HCl}$ , ad una soluzione acquosa di  $\text{TiCl}_4$ , quindi di  $\text{H}_2\text{IrCl}_6$  fino al raggiungimento di una concentrazione di Ir pari a  $195 \text{ g/l}$  – e successiva decomposizione termica a  $480^\circ\text{C}$ .

Tre campioni di superficie pari a  $10 \text{ cm}^2$  sono stati ritagliati dall'elettrodo così ottenuto e sottoposti ad un test di durata accelerato sotto evoluzione anodica di ossigeno, misurando il tempo di disattivazione (definito come il tempo di esercizio necessario ad osservare un aumento di potenziale pari a  $1 \text{ V}$ ) in  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $150 \text{ g/l}$ , alla temperatura di  $60^\circ\text{C}$  e ad una densità di corrente di  $30$

kA/m<sup>2</sup>.

Il tempo di disattivazione medio per i tre campioni è risultato essere di 1320 ore.

La precedente descrizione non intende limitare l'invenzione, che può essere utilizzata secondo diverse forme di realizzazione senza per questo discostarsi dagli scopi e la cui portata è univocamente definita dalle rivendicazioni allegate.

Nella descrizione e nelle rivendicazioni della presente domanda la parola "comprendere" e le sue variazioni quali "comprendente" e "comprende" non escludono la presenza di altri elementi, componenti o stadi di processo aggiuntivi.

La discussione di documenti, atti, materiali, apparati, articoli e simili è inclusa nel testo al solo scopo di fornire un contesto alla presente invenzione; non è comunque da intendersi che questa materia o parte di essa costituisca una conoscenza generale nel campo relativo all'invenzione prima della data di priorità di ciascuna delle rivendicazioni allegate alla presente domanda.

INDUSTRIE DE NORA S.p.A.

Paolo Dellachà, Amministratore Delegato

## RIVENDICAZIONI

1. Elettrodo per evoluzione di ossigeno in processi elettrochimici che comprende un substrato di metallo valvola, un rivestimento catalitico comprendente un primo strato di ossidi di iridio e tantalio con una composizione molare Ir 60-70%, Ta 30-40% riferita ai metalli e un rivestimento esterno di ossidi di metallo valvola.
2. L'elettrodo secondo la rivendicazione 1 ove il carico specifico di detti ossidi di metallo valvola di detto rivestimento esterno è compreso tra 2 e 7 g/m<sup>2</sup>.
3. L'elettrodo secondo la rivendicazione 1 o 2 ove detto rivestimento catalitico comprende anche un secondo strato di ossidi di iridio, tantalio e titanio con una composizione molare Ir 76-84%, Ta 15-23%, Ti 0.2-1.3% riferita ai metalli interposto tra detto primo strato catalitico e detto rivestimento esterno.
4. L'elettrodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 3 ove detti ossidi di metallo valvola sono ossidi di tantalio o di stagno o di zirconio.
5. L'elettrodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4 ove detto rivestimento catalitico ha un carico specifico di iridio compreso tra 5 e 50 g/m<sup>2</sup>.
6. L'elettrodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 5 comprendente uno strato di protezione intermedio a base di ossidi di titanio o tantalio interposto tra detto substrato e detto rivestimento catalitico.
7. L'elettrodo secondo la rivendicazione 6 ove detto rivestimento catalitico ha un carico specifico di iridio compreso tra 8 e 15 g/m<sup>2</sup>.
8. Metodo di preparazione di un elettrodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 7 che comprende la formazione di detto rivestimento esterno per applicazione e successiva decomposizione termica di una soluzione contenente un precursore di tantalio o di stagno o di zirconio.
9. Processo elettrochimico industriale comprendente l'evoluzione anodica di ossigeno

da un bagno elettrolitico su un elettrodo di una delle rivendicazioni da 1 a 7.

INDUSTRIE DE NORA S.p.A.

Paolo Dellachà, Amministratore Delegato