

402789



PATENTE DE INVENCION

Int. Cl. Coz C

MEMORIA DESCRIPTIVA

sobre:

"PROCEDIMIENTO PARA LA PURIFICACION DE AGUAS RESIDUALES"

Solicitante: SNAM PROGETTI S.p.A.,
entidad italiana, establecida en
MILAN (Italia), Corso Venezia, 16.

Prioridad: Solicitudes de Patentes N° 23549 A/71 y
N° 24205 A/71, depositadas ambas en Italia
en 23 de Abril de 1971 y en 7 de Mayo de
1971, respectivamente.

402789

2



La presente invención se refiere a un procedimiento para la purificación de aguas residuales, y más particularmente a un proceso de oxidación-reducción para obtener dicho resultado.

5 Cuando un ion metálico multivalente participa en la formación de un anión, este proceso puede dar lugar a la formación de una sal del mismo metal en un estado inferior de valencia.

Por el contrario, cuando se parte de la sal de un metal noble, dicho proceso da lugar a la formación del metal correspondiente.

En ciertos otros casos, los iones electropositivos que constituyen un anión complejo pueden ser transformados en el correspondiente elemento metálico independientemente de su valencia.

De esta manera, por ejemplo, los cromatos son reducidos a sales de cromo trivalentes, las sales de cobre son reducidas a cobre metálico y los complejos aniónicos de mercurio que están en equilibrio con el catión, son reducidos a mercurio metálico.

El principio básico de este método consiste en emplear dos elementos de diferente naturaleza, por ejemplo zinc y carbono o hierro y mercurio, que se introducen en el líquido que debe ser tratado y se conectan eléctricamente ya sea en el interior o en el exterior de la fase líquida contaminada.

La disolución ácida del electrodo menos noble con respecto al hidrógeno da lugar a una corriente de electrones que

402789



se desplazan hacia el otro electrodo: de esta manera se obtiene la compensación más probable de cargas con respecto a los iones contenidos en el electrólito.

Las reacciones se efectúan sin suministro alguno de energía desde el exterior, y por el contrario los sistemas realizados de acuerdo con el proceso de la invención producen energía eléctrica, bajo la forma de corriente directa que alcanza el cátodo no atacable partiendo desde el ánodo y que puede ser medida a través del conductor externo, en el caso de que se utilicen dos elementos apropiados introducidos separadamente en el líquido que debe ser tratado y conectados en corto circuito por el exterior de la fase líquida.

La conexión entre los dos materiales diferentes puede efectuarse también dentro de la solución, empleando particularmente varios electrodos de muy pequeñas dimensiones y constituidos por tanto de una mezcla de granos de ambos materiales: de esta forma el líquido puede atravesar de forma continua la mezcla y salir perfectamente purificado.

Las reacciones de oxidación-reducción no dependen en absoluto de la disposición adoptada; por el contrario, la cinética de las mismas depende de la forma y, en ciertos casos, de la separación entre los electrodos.

Debido a que el procedimiento según la presente invención es muy general, es decir que puede ser utilizado tanto para la transformación de sales oxidativas en otras sales en las que el metal se encuentra en un estado de valencia inferior, como para la obtención de metales nobles a partir de las sales

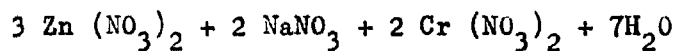
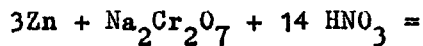
402789



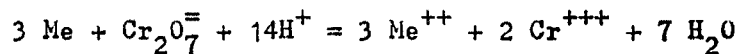
2 1972

correspondientes, a continuación se describirá el mecanismo de la reacción, para fines ilustrativos, haciendo referencia únicamente al tratamiento de cromatos y de sales de mercurio.

- 5 En presencia de una solución de cromato sódico, consistiendo el ánodo de zinc metálico y siendo la solución ácida por efecto de ácido nítrico, se produce la siguiente reacción:

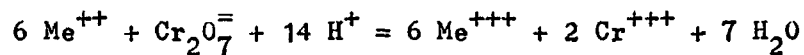


- 10 que puede escribirse en la forma más general:



en la cual Me es un metal divalente, menos noble que el hidrógeno.

- En el caso de que dicho metal (Me) tenga valencias más elevadas, se producirá otra reacción adicional, tal como por ejemplo:



- Ello es el caso, por ejemplo, cuando Me es hierro, que se transforma al estado divalente y seguidamente al estado trivalente.

- A título de ejemplo no limitativo se describe a continuación el tratamiento de las aguas residuales que contienen cromatos procedentes de los procesos de obtención de aceros al cromo o de aceros al cromoníquel. Para las personas entendidas en la materia será entonces muy fácil aplicar los principios según la invención al tratamiento de aguas residuales que contengan cromatos de diferente procedencia.

402789



El proceso de obtención electroquímica de aceros al cromo o de aceros al cromoníquel consiste esencialmente en un tratamiento de oxidación anódica en un baño electrolítico constituido por una solución acuosa de nitrato sódico al 30 %.

5 Durante este proceso se forman cantidades considerables de cromato sódico soluble, así como también lodos que contienen hierro, hidróxidos de cromo y sales básicas. Una centrifugación subsiguiente de una tal suspensión permite separar los precipitados y reciclar la solución rica en nitratos
10 o cromatos alcalinos.

Sin embargo, debido tanto a motivos relacionados con la centrifugación como, principalmente, para evitar un aumento continuo de la concentración de los cromatos en el electrólito reciclado, estos lodos se extraen después de haber sido par-
15 cialmente espesados; por consiguiente, el producto efluente destinado a ser extraído, está constituido por una suspensión de hierro y de hidróxidos de cromo y de nitratos básicos dispersos en una solución de nitrato y cromato sódico.

La concentración del cromato sódico presente en la fase
20 líquida de una tal suspensión depende del contenido de cromo de las aleaciones tratadas y suele ser, generalmente, superior a 250 ppm de Cr, lo que equivale aproximadamente a 750 ppm de Na_2CrO_4 .

En la Fig. 1 se ilustra un esquema simplificado de este
25 proceso electroquímico.

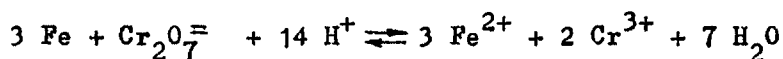
Haciendo referencia más detalladamente a esta figura, se designa con 1 el depósito que contiene el electrólito

402789



limpio, siendo alimentado el nitrato sódico a través del con-
ducto 14. El electrólito es enviado a través del conducto 2
a 3, que representa el aparato en el que se efectúa el proceso
electrolítico. Del aparato 3 sale el electrólito sucio, cons-
5 tituido por cromato sódico soluble y lodos que contienen
hidróxidos de hierro y cromo, siendo conducido dicho electró-
lito sucio al recipiente 5 a través del conducto 4. A través
del conducto 6 la suspensión es conducida a la centrífuga 7,
alimentada con agua solamente durante la fase de lavado a
10 través del conducto 15. La subsiguiente centrifugación de
la suspensión permite la separación de los precipitados y el
reciclado de la solución rica en nitratos y cromatos alcalinos
que retornan al depósito 1 a través de los conductos 8 y 9.
Los lodos, que son conducidos al depósito 11 a través del
15 conducto 10, están constituidos por una suspensión de hidróxi-
dos de hierro y cromo, así como de nitratos básicos disper-
sos en una solución de nitratos y cromatos sódicos.

En el depósito 11 se efectúa la purificación de acuerdo
con el procedimiento arriba descrito. En el líquido se intro-
20 ducen dos electrodos, de los cuales el ánodo está constituido
por hierro y el cátodo está constituido por cobre amalgamado.
Dichos electrodos se conectan en corto circuito, teniendo
lugar la siguiente reacción:



25 siendo así reducidos los cromatos a sales de cromo trivalentes.

El hierro divalente que se obtiene en la solución resul-
ta oxidado a hierro trivalente debido a la presencia de un



402789

exceso de iones de nitrato, y los óxidos de nitrógeno obtenidos en esta reacción de oxidación-reducción se disuelven en el sistema, permaneciendo en el mismo. Los iones de nitrato se vuelven a formar cuantitativamente cuando el sistema
5 es alcalizado en el aire, al objeto de obtener los hidróxidos trivalentes de cromo y de hierro y de separarlos del sistema.

La acidificación necesaria para la formación de sales de hierro y de cromo puede ser tal que no se produzca la disolución de los compuestos de hierro, ya presentes.

10 Después de la reacción, se extrae el hierro y el cromo, como se ha expuesto más arriba, mediante la adición de hidróxido sódico que hace que los hidróxidos metálicos pesados se precipiten.

En esta fase, la totalidad del ácido nítrico, antes de
15 ser utilizado, está presente en la solución bajo la forma de nitrato sódico, el cual es reciclado al depósito 1 a través de los conductos 12 y 13. Por consiguiente, el contenido de nitrato alcalino en el electrólito queda automáticamente restablecido: este hecho permite evitar las adiciones de nitrato
20 a la solución que debe reciclarse y que serían necesarias si no se restableciera dicho contenido.

Después de la separación de los hidróxidos pesados de metal, por ejemplo mediante las mismas centrifugas ya existentes, el tratamiento arriba mencionado permite la obtención
25 de una solución que contiene únicamente nitrato sódico, el cual, como tal, es susceptible de ser nuevamente utilizado en ciclo cerrado.

402789



20 MAR 1972

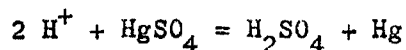
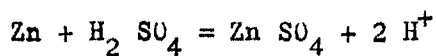
Una variante interesante del procedimiento ilustrado esquemáticamente en la Fig. 1, que contribuye a generalizar dicho procedimiento, consiste en aplicar la presente invención también al tratamiento de la suspensión en el recipiente 5.

5 De esta manera, una vez efectuada la reducción y la neutralización, es posible llevar a cabo una separación de los lodos en la centrífuga 7, pudiéndose a continuación extraer la fase líquida restante de los mismos que no contiene cromatos ni sales metálicas pesadas.

10 La aplicación del procedimiento según la invención a soluciones o suspensiones de sales de mercurio da lugar a mercurio metálico. Aparentemente las reacciones se efectúan sin empleo de ácido alguno, por ejemplo según la ecuación

$$\text{Hg SO}_4 + \text{Zn} + \text{H}_2 \text{ SO}_4 = \text{Zn SO}_4 + \text{H}_2 \text{ SO}_4 + \text{Hg}$$

15 pero, en realidad, la cantidad producida de mercurio metálico es estequiométricamente equivalente a la cantidad de ácido que reaccionó con el zinc, tal como resulta de



20 Este fenómeno puede demostrarse más claramente mediante el dibujo experimental ilustrado en la Fig. 2.

Haciendo referencia más particularmente a esta figura, se designa con 1 un recipiente exterior que contiene una solución de sales de mercurio, con 2 un recipiente constituido por un material poroso que contiene un ácido, con 3 el electrodo no atacable y con 4 se indica el electrodo metálico susceptible de ser atacado por ácidos: las flechas indican



la dirección del flujo de los electrones.

Partiendo del supuesto de que la sal de mercurio pueda ser difícilmente hidrolizada, al principio del experimento la solución en el recipiente 2 será ácida mientras que la solución en el recipiente 1 será neutral.

Durante el experimento se producirá una migración de electrones de 4 a 3 y un paso de iones de hidrógeno de 2 a 1. Suponiendo que las soluciones contenidas inicialmente en los recipientes 2 y 1 tengan ambas la misma normalidad y que los volúmenes de las soluciones en los recipientes 2 y 1 estén en relación de 1 : n, siendo n mucho mayor que 1, cuando $1/n$ del mercurio inicialmente presente aparezca en el recipiente 1 en la forma reducida, la solución en el recipiente 2 será neutral, habiéndose restablecido en el recipiente 1 la misma cantidad de ácido que en el recipiente 2.

De esta forma es posible, sin adición alguna de energía, obtener mercurio metálico a partir de soluciones de sales de mercurio empleando otro metal, susceptible de ser atacado por los ácidos, y una cantidad de ácido equivalente a la cantidad de mercurio que se desea separar en el estado metálico.

Una acidez, equivalente a la introducida, está constantemente presente en el sistema y puede atribuirse, sin tener en consideración el grado de porosidad del recipiente interior, a ácidos que pueden resultar teóricamente de la combinación de los iones de hidrógeno del ácido añadido con los aniones pertenecientes a la sal o sales de mercurio inicialmente presentes. En el proceso arriba mencionado actúa el ácido

402789



libre, pero la acidez efectiva del sistema se mantiene constante: por consiguiente, no se requiere generalmente adición alguna de ácido.

Es evidente que en el caso de aguas que contengan sales
5 de mercurio, las ventajas que se obtienen empleando el procedimiento según la invención son considerables, ya que sin que se requiera energía alguna del exterior, es posible aislar mercurio en estado metálico.

En efecto, de acuerdo con el sistema arriba indicado,
10 y particularmente mediante interposición de un diafragma poroso entre las zonas en las que están dispuestas los electrodos de zinc y de carbono, el mercurio metálico es susceptible de ser obtenido directamente en estado puro en la zona en la que están introducidos los electrodos de carbono.

15 Ningún proceso conocido hasta el presente permitía obtener un tal resultado. Ni siquiera el proceso de cementación da lugar a mercurio metálico aunque sea aparentemente similar al proceso descrito más arriba con respecto a algunos parámetros a los que se ha hecho referencia, consistiendo dicho
20 proceso de cementación en la reducción de sales de mercurio mediante un metal menos noble. Dicho procedimiento da lugar a una amalgama que requiere tratamientos adicionales, no sólo para la separación del mercurio sino también para la recuperación del metal menos noble que se encuentra combinado con
25 el mercurio para constituir dicha amalgama. Además, el grado de producción disminuye a medida que va progresando el proceso de amalgamación.

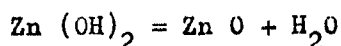
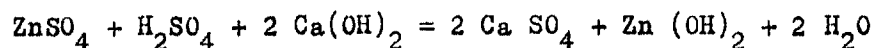
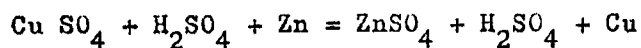


Además de la ventaja de que el metal noble se puede recuperar directamente en el estado metálico, el procedimiento según la invención permite que dichos metales vuelvan a ser restituidos en solución mediante los iones de un metal que puede seleccionarse previamente con respecto a los siguientes métodos empleados en la subsiguiente purificación de las aguas residuales.

En el caso de que los métodos de purificación, según la práctica convencional, comprendan un tratamiento de floculación de los productos efluentes, las aguas residuales, previamente purificadas de los metales nobles, contienen una cantidad equivalente de iones de un metal menos noble, por ejemplo de zinc; este último se precipita, durante la floculación, bajo forma de un hidróxido insoluble.

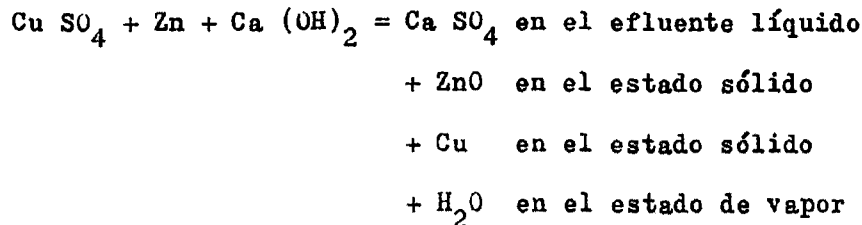
Cuando se ha utilizado hidróxido cálcico en la floculación, después del tratamiento completo de los productos efluentes, los metales noble quedan sustituidos por iones de calcio y el zinc queda convertido en hidróxido de zinc, el cual puede recuperarse en forma de óxido del humo procedente de un horno de calcinar utilizado para la combustión de los lodos.

A continuación se indica un esquema de la posible reacción, haciendo referencia al cobre como metal noble:



La situación es la siguiente:

402789



5 Por consiguiente, la salinidad del efluente tratado no cambia prácticamente, pero el catión de un metal noble es simplemente sustituido por iones de calcio.

Este hecho permite purificar la descarga, también con vistas a un posible tratamiento de purificación biológica, el cual no sería posible en presencia de sales de metales venenosas para las bacterias, tales como por ejemplo de Cu, Hg, Ag, etc.

Una tercera ventaja considerable del procedimiento según la invención consiste en que no se requiere aparato alguno de purificación, sino que consiste simplemente en introducir en el efluente un grupo de electrodos diferentes entre sí.

Los mismos resultados pueden obtenerse empleando, como ánodo, un metal que no dé lugar a una amalgama con mercurio, tal como por ejemplo hierro.

20 Incluso una tal aplicación permite utilizar, como aparato de purificación, simples columnas rellenas de pequeños granos de ambos materiales de naturaleza anódica y catódica (respectivamente hierro y otro material que no pueda ser corroído y que actúe de electrodo de mercurio): estos materiales se disponen en contacto muy íntimo entre sí. Como el hierro no da lugar a una amalgama, el mercurio puede ser extraído en estado metálico.



En general, aparte del elemento contaminante que debe ser reducido, es conveniente emplear como cátodo un material que actúe de electrodo de mercurio, con el fin de obtener una elevada sobretensión con respecto al hidrógeno, y, por consiguiente, poder actuar dentro de márgenes más amplios de valor pH sin que se forme hidrógeno.

Para este fin se pueden utilizar metales amalgamados, carbono impregnado con mercurio o simplemente mercurio metálico. Los elementos catódicos pueden obtenerse también recurriendo o impregnando un soporte con un elemento metálico que da lugar a una amalgama, y finalmente también amalgamando dicho elemento metálico.

En el caso de que se utilicen aparatos constituidos por columnas rellenas, en las que el contacto entre los electrodos se efectúa dentro de la fase acuosa, es conveniente utilizar como ánodo un elemento que no dé lugar a una amalgama, con el fin de mantener constante la diferencia potencial entre los electrodos: para ello se puede utilizar ventajosamente el hierro.

Más generalmente, el ánodo puede estar constituido ventajosamente por zinc, níquel, estaño, plomo, hierro, cromo y todos los metales que son susceptibles de ser atacados por los ácidos no oxidantes, es decir por aquéllos que son menos nobles que hidrógeno; en algunos casos pueden amalgamarse con el fin de controlar el grado de corrosión.

El cátodo puede estar constituido por carbono, por metales más nobles que hidrógeno, por las amalgamas de los mismos,

402789

2



por materiales impregnados con mercurio y por todos los materiales que no son susceptibles de ser corroidos por ácidos y que son conductores.

El procedimiento según la presente invención puede también llevarse a cabo con empleo únicamente del elemento anódico de naturaleza metálica, de acuerdo con los esquemas de reacción arriba mencionados. Sin embargo, las ventajas no son muy importantes.

Ante todo, como no se utiliza un cátodo que actúe de electrodo más noble que el hidrógeno, las diferencias de potencial existentes con respecto al elemento anódico son inferiores: para ello los grados de reacción son más bajos.

Además, como no se utiliza un cátodo que tenga una sobretensión considerable con respecto al hidrógeno, tal como ocurre en el caso de un cátodo que actúe de electrodo de mercurio, se puede desprender hidrógeno del ánodo, lo cual aumenta la consumición de ácido y polariza al propio ánodo.

En el caso de un tratamiento de aguas que contengan sales de metales nobles, puede formarse una cementación o una amalgama con todos los inconvenientes arriba mencionados.

En el caso del tratamiento de soluciones que contengan compuestos oxidativos a altas concentraciones, por ejemplo cromatos a una concentración de 1000 ppm de Cr, en el que se produjeran las reacciones arriba citadas y la consumición de ácido fuese equivalente a la cantidad de cromatos reducidos, la concentración de iones de hidrógeno disminuiría, es decir el valor pH aumentaría, ante todo sobre la superficie



del ánodo si el metal adquiriese valencias más elevadas al pasar a solución.

En el caso de hierro se formarían iones Fe^{+++} con valores pH capaces de dar lugar a hidróxidos de hierro trivalentes
5 o sales básicas.

Debido a que junto a la superficie metálica en la que se han ido formando los iones de Fe^{+++} , se forman productos insolubles, el proceso de disolución puede disminuir como consecuencia de los fenómenos de polimerización superficial.

10 En tal caso es posible añadir una sustancia capaz de formar iones complejos, tal como por ejemplo la sal sódica de ácido EDTA, para evitar la formación de hidróxidos de hierro insolubles y de sales básicas.

Una medida eficaz para lograr que la mayor parte de la
15 superficie catódica no entre en contacto con los ánodos consiste en emplear cátodos de formas peculiares, o bien utilizando columnas cargadas de materiales catódicos y anódicos entremezclados entre sí.

Por ejemplo, es posible emplear un material catódico
20 en forma de pequeñas porciones de tubo y, si el material anódico tiene tales dimensiones que no pueda penetrar en los pequeños cilindros huecos así obtenidos, se puede utilizar como superficie catódica las superficies interiores de dichas porciones de tubos, las cuales no pueden entrar en contacto
25 con los ánodos aunque estén en contacto eléctrico debido al contacto entre dichos ánodos y las paredes exteriores de dichos cilindros huecos.

402789



En la forma de realización arriba descrita, la solución que contenga los cromatos quedará reducida al entrar en contacto con las superficies interiores de los cilindros, mientras que la siguiente reacción de reducción se efectuará con los iones férricos ya presentes en la solución y no durante la formación de los mismos.

Por tanto, los hidróxidos de hierro y las sales básicas, en el caso de su formación, quedarían situados entre la fase líquida y el espacio líquido anódico.

Las ventajas del procedimiento según la invención se podrán apreciar más claramente de los siguientes ejemplos que se indican a continuación meramente a título ilustrativo.

Ejemplo 1

En este ejemplo se hace referencia al proceso ilustrado en la Fig. 1, con relación a un tratamiento electroquímico de aceros al cromo y de aceros al cromoníquel, que se realizó con la finalidad de dotar a dichos aceros de una forma deseada mediante disolución anódica: la concentración del cromato sódico presente en la fase líquida de la suspensión que debía ser extraída (11 en la Fig. 1) era de aproximadamente 750 ppm, equivalentes a aproximadamente 250 ppm Cr.

Procediendo de la forma descrita, la reducción completa de los cromatos se efectuó en aproximadamente dos horas: entre tanto fue posible comprobar el paso de una corriente que, con una diferencia de potencial de 1 V, presentaba una intensidad de 100 mA.

No se observó reducción alguna de otras sales férricas o

402789



nitratos.

Ejemplo 2

En las instalaciones para la producción de acetaldehído a partir de acetileno, los departamentos de catalizadores
5 descargan en forma discontinua soluciones ricas en sulfatos de mercurio que pueden contener hasta 200 mg/l de Hg.

Ahora se hace referencia al tratamiento de una solución de sulfato de mercurio conteniendo 200 mg/l de Hg. Si el sulfato de mercurio está en solución, esta última se vuelve
10 ácida por hidrólisis.

La cantidad mínima de ácido necesaria para evitar la hidrólisis es tal que lleve el valor pH de la solución a aproximadamente 2, es decir a un valor de acidez que permita la realización del procedimiento.

15 Por consiguiente fue únicamente necesario emplear una serie de placas de zinc (5 m^2 por m^3 de solución) y una serie de barras de carbono. Zn y C están conectados eléctricamente por fuera de la solución.

El sistema Zn - C, en presencia de la solución, permitió
20 la recuperación de Hg metálico, primeramente bajo la forma de un polvo gris y luego bajo la forma de pequeñas gotas, sobre la superficie del carbono; después se desprendió en forma de Hg metálico y ocupó el espacio por debajo del carbono. El valor pH se mantuvo constante sin adición alguna de ácido. Después
25 de 8 horas la reacción se completó hasta un 99,5 %. Por lo menos 65 g de Zn fueron solubilizados y 200 g de mercurio metálico se obtuvieron por m^3 de efluente alimentado.

402789



Ejemplo 3

En las instalaciones para la producción de cloruro de vinilo a partir de acetileno, los conductos que conectan los reactores con la torre de lavado presentan incrustaciones considerables de HgCl_2 , debido al empleo de sales de mercurio como catalizadores. Durante los paros para el mantenimiento, el HgCl_2 se lavó con agua; de esta forma se obtuvo un agua residual considerablemente contaminada por Hg debido a las incrustaciones arriba mencionadas que podían llegar hasta 10-15 mm de grosor a lo largo de los conductos.

También en este caso se utilizó el aparato según el ejemplo precedente: se hubiera podido obtener un mejor resultado si las barras de carbono se hubiesen introducido en un recipiente poroso.

El primer producto de reducción fue el cloruro de mercurio insoluble, formado en el interior del recipiente poroso, y que se transformó luego en mercurio metálico. Una agitación del líquido en la zona próxima a los electrodos de carbono aumentó el grado de las reacciones que se llevaban a cabo en un sistema heterogéneo debido a la presencia del cloruro de mercurio insoluble.

Partiendo de una solución contaminada que contenía 1000 ppm de Hg, se emplearon por lo menos 310 g de Zn por m^3 de efluente tratado: se pudieron recuperar aproximadamente 1000 g de mercurio.

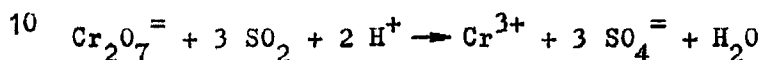
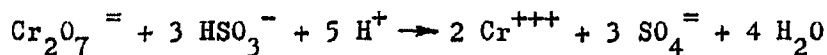
Ejemplo 4

Este experimento se indica únicamente a título compara-

tivo y representa el caso muy común de una instalación de revestimiento de cromo.

El procedimiento más comunmente utilizado para la purificación de las correspondientes aguas residuales consiste en regular el valor pH a un valor inferior a 3 y en añadir SO_2 gaseoso, o una solución de sulfito sódico o bisulfito sódico a concentraciones entre 50-100 g/l.

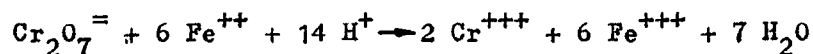
Las reacciones que se producen son las siguientes:



17,35 g de cromo hexavalente, en forma metálica, requieren 63,02 g de sulfito sódico anhidro. De hecho las cantidades necesarias de agente reductor deben aumentarse en aproximadamente un 25 % para la reducción completa del cromo al estado trivalente.

La reducción puede efectuarse de acuerdo con otro procedimiento, empleando sulfato ferroso:

En este caso se produce la siguiente reacción:



20 De acuerdo con el procedimiento según la invención, si se utiliza el conjunto C/Zn, la consumición de zinc está en relación con la cantidad de cromo contenida en la solución descargada y con el valor pH.

25 Con un valor pH 3-3,5, 17,35 g de cromo hexavalente, en forma metálica, consumen 41 g de zinc metálico. Esta consumición aumenta considerablemente si el valor pH desciende por debajo de 2.

402789

2



872

Por el contrario, si se utiliza el conjunto de electrodos Cu, Hg/Fe, con valores pH de la solución descargada de 3 o por debajo, la consumición de hierro para la reducción de 17,35 g de cromo al estado trivalente es de 20 g. El cromo hexavalente en la solución efluente era inferior a 0,05 ppm.

Ejemplo 5

La reducción a cromo trivalente se efectuó a partir de cromo hexavalente contenido en una solución concentrada de nitrato sódico, empleando un conjunto de electrodos Cu, Hg/Fe. La solución de aguas residuales contenía 30 % en peso de NaNO_3 y la concentración de cromo hexavalente era de 250 ppm, correspondientes al metal. En este caso se utilizaron 30 g de hierro para reducir completamente 17,35 g de cromo hexavalente.

El contenido de cromo hexavalente en la solución efluente era inferior a 0,05 ppm.

Ejemplo 6

En este caso se hace referencia a la extracción de sales de mercurio de aguas residuales conteniendo las mismas en una cantidad de 25 ppm. Empleando un par de electrodos Cu/Fe, se pudo comprobar que, durante el experimento, el cátodo de cobre se amalgamaba mientras que la solución efluente se enriquecía en hierro divalente. La consumición de hierro metálico para reducir 100,30 g de mercurio divalente era de aproximadamente 30 g.

Para evitar que fuese arrastrado el mercurio metálico, se dispuso una columna conteniendo escurridores de cobre por

detrás de la columna conteniendo cobre y hierro. La cantidad de mercurio en la solución a la salida de la columna conteniendo dichos escurridores de cobre era inferior a 0,02 ppm.

Ejemplo 7

5 En un tratamiento de bonderizado, con una alimentación de 1500 mg/h de cromo hexavalente, la cantidad de cromo contenida en 2 m³ de solución alimentada pudo ser completamente reducida a cromo trivalente empleando 3 kg de hierro y 100 g de H₂SO₄ para acidificar el sistema.

10 Se utilizó un par de electrodos consistente en Cu, Hg/Fe.

Ejemplo 8

Un flujo de aguas residuales de 100 m³/h procedente de torres de enfriamiento contenía aproximadamente 30 ppm de cromatos (15 ppm de Cr equivalente a 1,5 kg/h de Cr).

15 La reducción completa a cromo trivalente se efectuó utilizando 1,5 kg/h de hierro.

El par de electrodos utilizado era Cu, Hg/Fe.

Ejemplo 9

20 Aguas residuales conteniendo 100 ppm de sales de cobre, correspondientes al metal, se trataron mediante un par de electrodos C/Zn. La solución tenía un valor pH = 3. Para reducir la cantidad de cobre de 1 m³ de 100 ppm a una cantidad inferior a 0,15 ppm, se utilizaron 100 g de Zn.

Ejemplo 10

25 Utilizando el par de electrodos Cu/Fe, sobre 1 m³ de las aguas residuales del ejemplo 9 se requirieron 75 g de hierro.

402789



N O T A

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de ponerlo en práctica, se hace constar que todo cuanto no altere, cambie o modifique su principio
5 fundamental, puede quedar sometido a variaciones de detalle. También se hace constar que esta invención corresponde a la descrita en las solicitudes de Patentes Nº 23549 A/71 y Nº 24205 A/71, depositadas en Italia en 23 de Abril de 1971 y en 7 de Mayo de 1971, respectivamente, cuya prioridad se
10 reivindica de acuerdo con los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo esencial y por lo que se solicita Patente de Invención, por veinte años lo que queda resumido en las siguientes reivindicaciones:

1ª.- Procedimiento para la purificación de aguas resi-
15 duales, caracterizado porque el líquido que debe ser tratado se conduce a un recipiente en el cual se introduce un material seleccionado de la clase que comprende los elementos electropositivos con respecto al hidrógeno y carbono, así como un material seleccionado de la clase que comprende los
20 elementos electronegativos con respecto al hidrógeno.

2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque dichos materiales de diferente naturaleza se emplean en forma de barras, granos o polvos.

3ª.- Procedimiento según la reivindicación 2ª, caracte-
25 rizado porque dichos materiales de diferente naturaleza se introducen en dicho líquido bajo la forma de electrodos y se conectan seguidamente en corto circuito.

A handwritten signature or set of initials, possibly 'A', written in dark ink.

402789



4^a.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se aplica a aguas residuales que contienen cromatos.

5^a.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1^a a 3^a, caracterizado porque se aplica a aguas residuales que contienen sales de mercurio.

6^a.- Procedimiento según la reivindicación 4^a, caracterizado porque se recicla la solución limpia y porque se recuperan los residuos de la purificación.

10 7^a.- Procedimiento según la reivindicación 5^a, caracterizado porque los dos electrodos están separados por un diafragma poroso.

8^a.- PROCEDIMIENTO PARA LA PURIFICACION DE AGUAS RESIDUALES,
15 tal y como queda descrito y reivindicado en la presente memoria que consta de veintitres hojas mecanografiadas por una sola cara y de una lámina de dibujos.

BARCELONA, 22 de Abril de 1972.

SNAM PROGETTI S.p.A.
P.P.

J. GOMEZ-ACEBO Y MODEI
P.p. Firmador W. Stäheli Stäner

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Gomez-Acebo y Modet', written over the typed name.

A large, stylized handwritten mark or signature in black ink, consisting of several sweeping lines.

ESQUEMAS

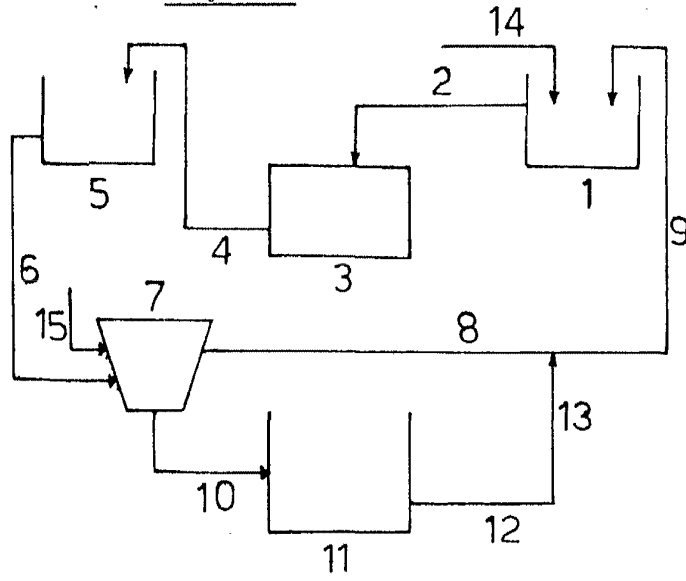


FIG.1

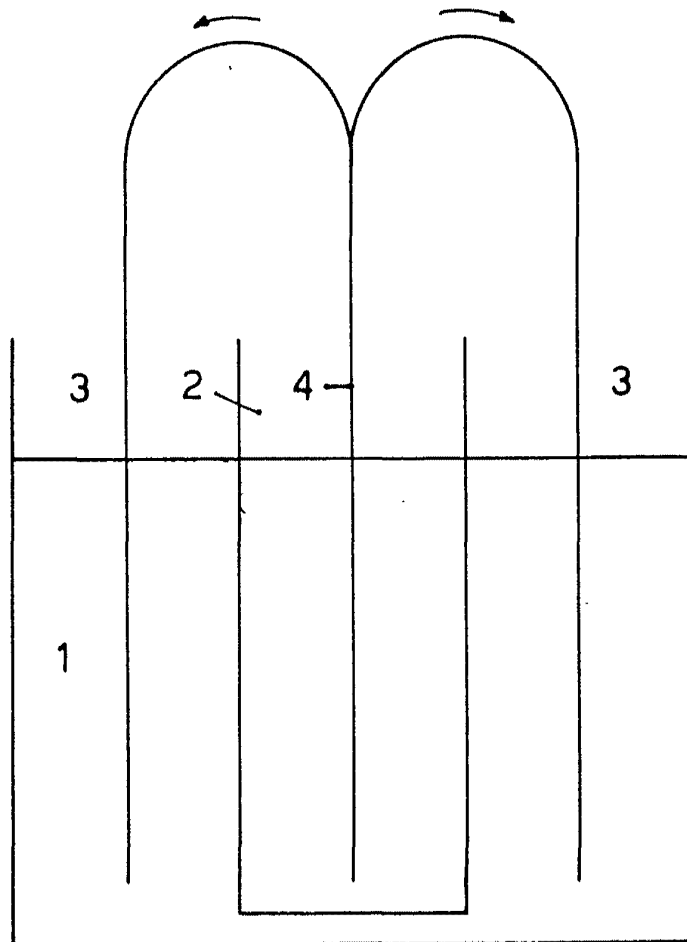


FIG.2

BARCELONA, 22 de Abril de 1972

SNAM PROGETTI S.p.A.

P.P. d. **SOMEZ-ACEBO** y C^{ia}

Firmado: V. Sáez de Sotomayor