

Electrosíntesis de compuestos inorgánicos: industria Cloro-Álcali

Autores: Roldán Sanguiao, Manuel Pablo (Licenciado en Química, Profesor de Física y Química en Secundaria); Olmos Martínez, José Manuel (Licenciado en Química).

Público: Bachillerato de Ciencias. **Materia:** Química: Electroquímica. **Idioma:** Español.

Título: Electrosíntesis de compuestos inorgánicos: industria Cloro-Álcali.

Resumen

La electrosíntesis se define como la obtención de sustancias químicas con la ayuda de una celda electroquímica mediante reacciones redox. Muchísimos procesos electrosintéticos acaban aplicándose para usos industriales. Distinguimos dos tipos de procesos electrosintéticos: inorgánicos y orgánicos. En los inorgánicos se obtiene directamente la sustancia deseada en el electrodo de trabajo, además de otros posibles subproductos. Los principales productos obtenidos por la electrosíntesis inorgánica son: flúor, aluminio, cloro y sosa.

Palabras clave: electrosíntesis, industria, aluminio, flúor, cloro, sosa.

Title: Electrosynthesis of inorganic compounds: Chloro-Alkali industry.

Abstract

Electrosynthesis is the obtaining of chemical compounds. We use a electrochemistry cell with electrochemistry reactions. Electrochemistry processes have industrial uses. We have two types of electrochemistry processes: inorganic and organic. At inorganic process we obtain directy the product in the work electrode and other possible derivates. The main products obtained by inorganic methods are: fluorine, aluminum, chlorine and caustic soda. These methods can be very useful for get these substances

Keywords: Electrosynthesis, industry, fluorine, chlorine, soda.

Recibido 2016-12-31; Aceptado 2017-01-04; Publicado 2017-01-25; Código PD: 079090

INSTRUMENTACIÓN

Algunos de los componentes son comunes a todas las celdas, como son los electrodos. Cumplen la función de permitir la transferencia electrónica con la disolución e influyen en la selectividad del proceso y en su gasto energético. Normalmente se emplean dos: el de trabajo y el contraelectrodo. Los promotores de turbulencia también están siempre presentes y se utilizan para favorecer la transferencia de masa entre las disoluciones y los electrodos. Están constituidos por bolas de vidrio o redes de polímeros y normalmente van montados en marcos de plástico.

Otros componentes son específicos de cada celda. Los diafragmas separan los compartimentos catódico y anódico en las células divididas para evitar el contacto entre ambas disoluciones y se clasifican en dos grandes grupos: los permselectivos y los no permselectivos (membranas de intercambio iónico). Las juntas también se utilizan en las células divididas para evitar la fuga de gases y evitar la mezcla de disoluciones. Por último, los distribuidores de flujo están presentes en algunas celdas y consisten en una serie de ranuras sobre los marcos de los promotores de turbulencia o en pequeñas mallas poliméricas.

PARÁMETROS: ELÉCTRICOS Y QUÍMICOS

Eléctricos. El más importante es el valor del potencial del electrodo de trabajo, que se puede modificar con un potencióstato y marca la selectividad de la reacción. Por otro lado tenemos la intensidad de corriente que es directamente proporcional a la velocidad del proceso y se relaciona con la cantidad de producto obtenido por la ley de Faraday:

$$m = (M/nF) ItEc$$

El voltaje (E_T) es la diferencia de potencial entre los dos electrodos extremos y es la suma de 3 contribuciones:

potenciales de equilibrio, sobrevoltajes y caída óhmica. La densidad de corriente depende del potencial de trabajo e interesa que sea lo más elevado posible.

Químicos. El medio de reacción, constituido por disolvente y electrolito soporte, influye en la caída óhmica y determina la solubilidad y transporte de la sustancia electroactiva. En electrosíntesis inorgánica normalmente se utiliza agua como disolvente y sales inorgánicas o ácidos minerales como electrolitos. La naturaleza del electrodo, junto con el medio de reacción, proporciona el rango accesible de potenciales de trabajo. Además, su estado superficial y geometría afectan a la eficacia del proceso.

Aunque no es un parámetro eléctrico ni químico, el consumo específico de energía es un parámetro de vital importancia industrial, ya que supone un alto porcentaje del coste total del producto. Viene dado por la siguiente expresión:

$$CE = 26,8 n E_T / E_c M$$

CLASIFICACIÓN DE LA ELECTROSÍNTESIS SEGÚN

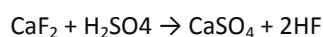
Dónde se realiza la transferencia electrónica: directa e indirecta. En la directa la transferencia electrónica se realiza entre el electrodo y una especie electroactiva situada en la interfase. Se suele emplear en síntesis inorgánica. Por otra parte, en la indirecta la transferencia electrónica se produce primero entre el electrodo y un mediador en la interfase y posteriormente entre éste y una sustancia situada en la disolución. Se usa en electrosíntesis orgánica normalmente.

El tipo de celda: La electrosíntesis en continuo, que utiliza electrodos porosos a través de los cuales se filtran las disoluciones, frente a por lotes.

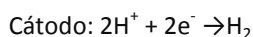
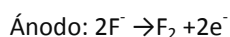
La variable eléctrica controlada: Intensidad controlada y potencial controlado.

PROCESOS ELECTROQUÍMICOS INORGÁNICOS

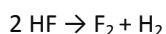
Fluór: el proceso comienza con el tratamiento del mineral fluorita según la reacción (dónde el ácido sulfúrico está concentrado):



El electrolito utilizado es una mezcla 1:2 de fluoruro potásico y ácido fluorhídrico anhidros: (KF y 2 HF). Las semireacciones del proceso son:



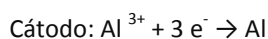
El proceso global se resume en la siguiente reacción electrolítica:

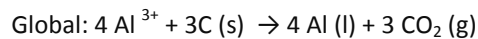
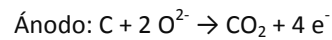


El comportamiento del ánodo está condicionado por el fenómeno de polarización. Éste consiste en un aumento del voltaje de la célula, debido a que el gas flúor se acumula alrededor del ánodo impidiendo que el electrolito lo moje.

Su principal uso en la industria química es para la producción de compuestos fluorados. También se usa en la industria del aluminio.

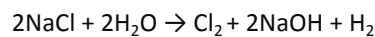
Aluminio. La principal mena de aluminio es el mineral bauxita cuyo proceso de extracción consta de dos etapas: la purificación de la mena (proceso Bayer) y la obtención del metal por electrolisis de alúmina fundida (proceso Hall-Héroult). Estos dos investigadores descubrieron que la alúmina rebajaba su punto de fusión a la mitad al ser mezclada con criolita. Las semirreacciones y la reacción global del proceso son:



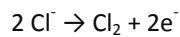


El aluminio así obtenido es de una elevada pureza, lo que lo convierte en un material utilizado en la fabricación de telescopios reflectores, espejos y papel de aluminio.

La industria cloro-álcali. Esta industria obtiene cloro gas e hidróxido sódico a partir de una disolución de NaCl (salmuera). Este proceso se puede realizar por tres técnicas distintas que se diferencian en el tipo de celda utilizada: celda de diafragma, celda de membrana y celda de mercurio. En todas ellas, la reacción global es la misma:



En todos los casos también ocurre la misma reacción en el ánodo: la oxidación de los aniones cloruro a cloro:



- *Celdas de diafragma.* Todas las celdas presentan un separador, que en este caso se trata de asbesto. Este material que no es selectivo. Por esta razón, puede haber contaminación en la celda. Además hay que tener en cuenta la naturaleza cancerígena del asbesto. El cátodo es de acero y la reacción catódica es la indicada anteriormente.



Imagen que ilustra una celda de diafragma.

- *Celdas de membrana.* Dichas reacciones son las mismas que en las celdas de diafragma y se encuentran separadas por una membrana. Esta membrana, es impermeable al agua y conduce los iones Na⁺ de forma selectiva a través de ella. Los cátodos son de acero inoxidable recubierto con catalizadores para minimizar el sobrevoltaje del desprendimiento de hidrógeno. Para minimizar el consumo específico de energía se están investigando las llamadas "zero gap cells", cuya característica reside en conectar los electrodos a la membrana.

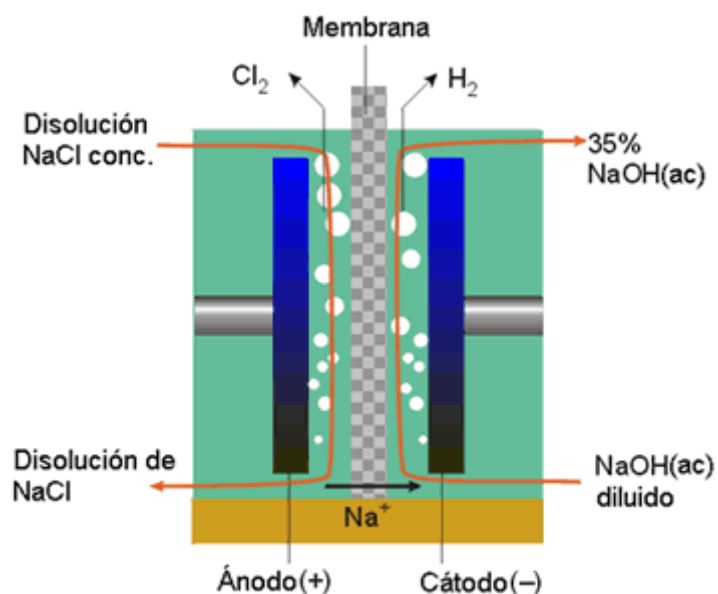
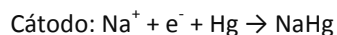


Imagen que ilustra una celda de membrana

- *Celdas de cátodo de mercurio.* El sodio produce una amalgama muy estable con el mercurio líquido que se calienta en otra subunidad denominada denuder dónde además se obtiene el NaOH. El mercurio residual se recircula a la cuba electrolítica. Las reacciones de electrólisis son las siguientes:



Bibliografía

- *Electroquímica: Ciencia y Tecnología*, Programa de Doctorado Interuniversitario
- *El Mercurio Como Contaminante Global*, tesis (Universidad de Barcelona).
- *Química Inorgánica: Segunda Edición* C.E. Housecroft A. G. Sharpe
- *Encyclopedia of Electrochemistry*. Vol.5 Electrochemical Engineering
- *Industrial Electrochemistry*. Derek Pletcher y Frank C. Walsh, Blackie Academic & Professional, Segunda Edición.
- *Electrosíntesis y Electrodialisis*. José Ramón Ochoa Gómez, Mc Graw Hill.
- Memoria y Anexos de la Industria Cloro-álcali, por Mélanie Gourbe.