Eficiencia del proceso cloro-álcali: Un acto de equilibrio

Cómo seleccionar la membrana correcta para maximizar la eficiencia del proceso cloro-álcali

Resumen ejecutivo

Siguiendo una rica historia (que se remonta al año 1892), el proceso cloro-álcali ha evolucionado para favorecer la tecnología de membranas debido a consideraciones económicas y ambientales.

Cada entorno cloro-álcali tiene sus propios matices únicos, que incluyen fuente/calidad de la salmuera, costos eléctricos, capital disponible y nivel de experiencia de la mano de obra, lo cual hace que las soluciones universales sean casi imposibles.

Sin embargo, una cosa permanece constante en todas las plantas: el deseo de un desempeño más consistente y ahorros de energía. La tecnología de membranas cloro-álcali ofrece una eficiencia energética inigualable y un desempeño de voltaje superior. No obstante, sin el entorno operativo adecuado, no puede garantizarse el desempeño. Por eso, la colaboración frecuente desde el principio con los proveedores de membranas y los proveedores de electrolizadores es crucial para el éxito.

En este informe técnico, se sintetizará el complejo arte de la selección de la membrana cloro-álcali (y la posterior optimización del sistema) en la forma de prácticas recomendadas y consideraciones claves para ayudar a los fabricantes a lograr un funcionamiento inigualable.

El panorama del procesamiento cloro-álcali

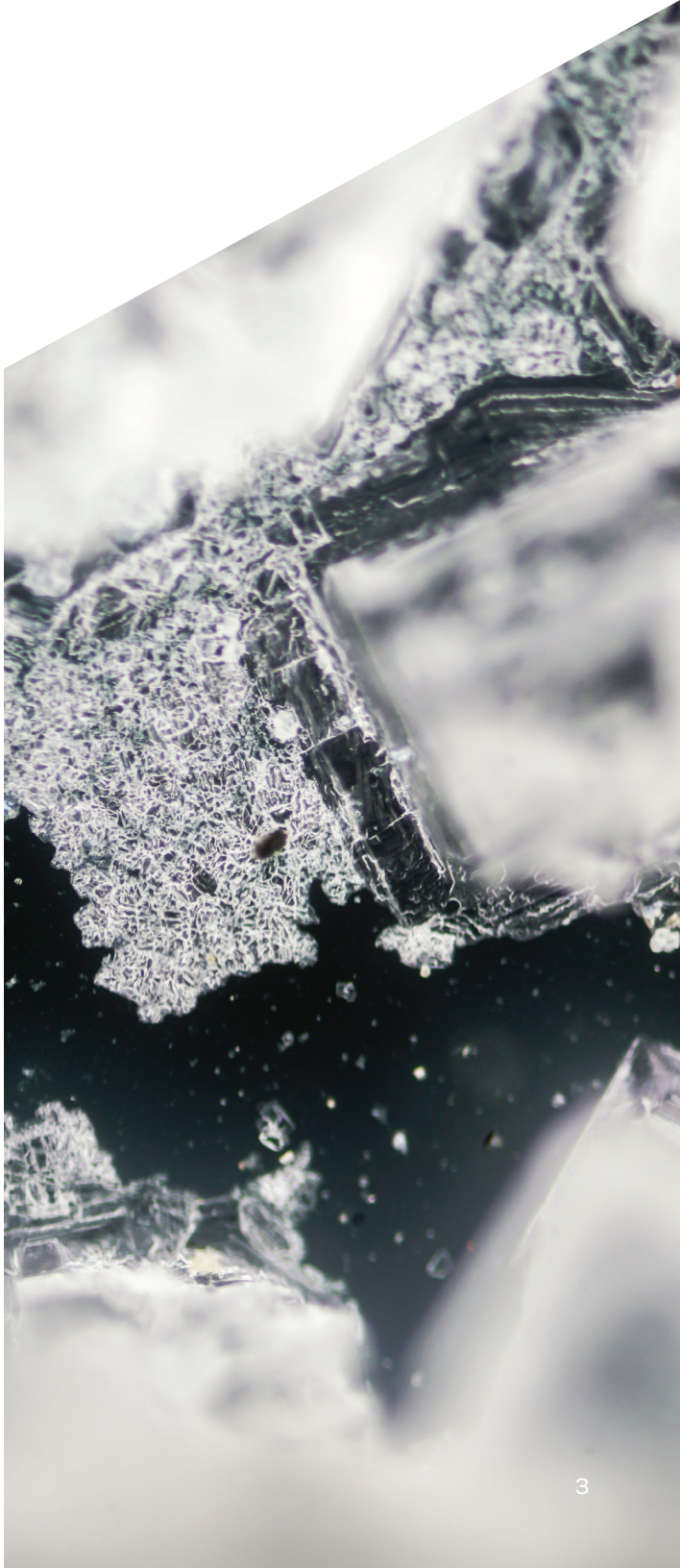
En primer lugar, debemos comprender cómo la tecnología de membranas se convirtió en el estándar de la industria.

Las tecnologías de procesamiento cloroalcalino han evolucionado significativamente a través de los años, en gran parte debido a condiciones ambientales y de seguridad. Hace 50 años, un fabricante cloroalcalino solo habría tenido dos opciones para el procesamiento cloro-álcali: celda de mercurio o de diafragma. Hoy, casi todas las unidades cloroalcalinas de nueva instalación utilizan tecnología de membranas.

¿Por qué ocurrió la transformación? ¿En qué se diferencian las tecnologías? Lo analizaremos en más detalle en la página siguiente.

¿Por qué ocurrió la transformación?

¿En qué se diferencian las tecnologías?



Opciones de procesamiento: ayer y hoy

Ayer

Celda de mercurio

- Se eliminó gradualmente en muchas partes del mundo debido a preocupaciones ambientales y sanitarias con respecto a las emisiones de mercurio. No se han producido celdas nuevas desde 1970.
- Los controles ambientales hacen que los costos de producción aumenten.
- Si bien la calidad del producto es la más alta de todas las opciones de procesamiento, se encuentran vestigios de contaminación por mercurio en los productos.

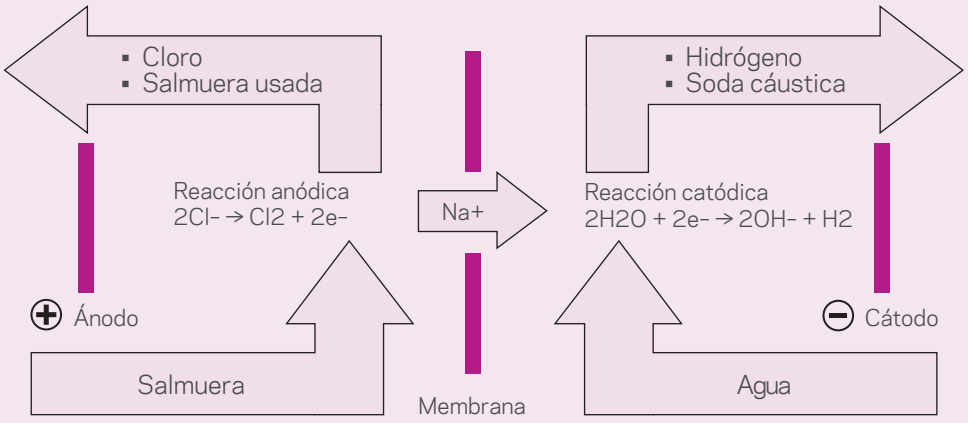
Celda de diafragma

- Produce una solución con concentración cáustica más baja que debe separarse de la sal por evaporación y precipitación.
- Implica el consumo de energía más alto debido a la evaporación y separación.
- Produce la soda cáustica y el cloro de peor calidad de todas las opciones de procesamiento.
- Muchos procesos usan asbesto, lo cual crea costos de eliminación adicionales y preocupaciones ambientales.
- Representa la inversión más alta de todas las opciones de procesamiento.

Hoy

Celda de membrana

- Historia de 30 años de éxito.
- Representa el consumo energético más bajo de las tres tecnologías.
- Tiene un impacto mínimo en el medioambiente.
- La pureza cáustica es casi igual al grado de mercurio, y el cloro tiene menos oxígeno que el producido con el proceso de celda de diafragma.
- Es el proceso elegido para proyectos de base



Tarea: consideraciones clave a la hora de seleccionar una membrana

Muy probablemente la mayoría de los fabricantes ya estén utilizando la tecnología de membranas en sus operaciones o tienen previsto utilizarla en el futuro. ¿Ahora qué?

Existen muchas consideraciones diferentes que los fabricantes deben tener en cuenta al seleccionar la membrana adecuada para su planta. Esta lista es un buen punto de partida en las conversaciones con los proveedores de membranas para determinar la opción que mejor equilibra las necesidades de los fabricantes.

Existen muchas consideraciones diferentes que los fabricantes deben tener en cuenta...

Lista de verificación de selección de membrana

✓ Desempeño de voltaje:

Debido a que la electricidad representa aproximadamente el 60 % de los costos operativos del proceso cloro-álcali, contar con un excelente desempeño de voltaje no solo es algo bueno, sino que es imprescindible. En lo que respecta al desempeño de voltaje, piense en un maratón, no en una carrera corta. La membrana debe proporcionar un excelente desempeño de voltaje, no solo al inicio, sino durante toda la vida de la membrana.

Cosas a tener en cuenta

- Equipo: para obtener el mejor voltaje, necesitará lo último en membranas de bajo voltaje y un sistema que esté optimizado específicamente para la tecnología de membranas. En términos generales, el equipo más viejo o el equipo en malas condiciones proporciona un entorno más hostil para las membranas de bajo voltaje.
- Condiciones operativas: para aprovechar al máximo las membranas de bajo voltaje, debe controlar la calidad de la salmuera, las condiciones operativas y las habilidades y la capacitación del operario, ya que todo esto afecta la vida de la membrana.
- Pedir asesoramiento: algunas membranas que están diseñadas para ofrecer un desempeño de voltaje superior podrían no ser lo suficientemente duraderas para el equipo o el paradigma operativo del fabricante. Los fabricantes que deseen actualizar la clase de membrana deben trabajar de cerca con los proveedores de membranas y con los proveedores de electrolizadores para identificar la opción adecuada para sus operaciones.

✓ Eficiencia de corriente:

Si la eficiencia de corriente desciende, también lo hará la producción. Si hay capacidad disponible, puede aumentarse la corriente eléctrica para mantener la producción; sin embargo, esto hace que el voltaje aumente y, por lo tanto, eleva el consumo energético. La consideración más importante después de la selección de la membrana es seguir las instrucciones de uso para que la eficiencia de corriente permanezca constante.

Cosas a tener en cuenta

- Condiciones operativas: La calidad de la salmuera, las condiciones operativas y las habilidades y la capacitación del operario afectan la vida de la membrana.
- Pedir asesoramiento: Los fabricantes deben trabajar de cerca con los proveedores de membranas y con los proveedores de electrolizadores para determinar la opción adecuada para sus operaciones.

Lista de verificación de selección de membrana (continuación)

✓ Durabilidad mecánica:

Algunas membranas son más duraderas que otras; sin embargo, las diferencias son sutiles, y todas las membranas deben manipularse y operarse con cuidado.

Cosas a tener en cuenta

- Durante la instalación: la temperatura y los niveles de humedad de la planta y los procedimientos de manipulación desempeñan un papel en la vida de la membrana, por lo que los fabricantes deben trabajar para controlar el entorno lo más posible.
- Cuestiones de funcionamiento: las interrupciones frecuentes, los apagones, los cortes de alimentación repentinos y las fluctuaciones de la presión pueden afectar la vida de la membrana desde el punto de vista mecánico.
- Equipo más viejo/tecnología más vieja: los sistemas más viejos podrían no ser tan flexibles mecánicamente como lo requieren las membranas nuevas, y una membrana más duradera podría ser una mejor opción. Desafortunadamente, cuanto más duradera sea la membrana, mayor será su consumo energético.
- Pedir asesoramiento: trabaje de cerca con los proveedores de membranas y con los proveedores de electrolizadores para verificar la elección y los procedimientos sugeridos para la manipulación y operación.

✓ Resistencia a las impurezas:

La pureza de la salmuera es una de las claves más importantes para lograr una vida larga de la membrana con voltaje y eficiencia de corriente constantes. Algunas membranas tienen mayor resistencia a algunas impurezas, como níquel, magnesio y cobalto (que pueden aumentar el voltaje) y bario y yoduro (que pueden reducir la eficiencia de corriente y, posiblemente, aumentar el voltaje).

Cosas a tener en cuenta

- Fuente de la salmuera: Algunas fuentes de salmuera contienen impurezas que son difíciles de eliminar en términos económicos, como aluminio, yoduro y sílice.
- Cuestiones de funcionamiento: Independientemente de la membrana, el sistema de tratamiento de salmuera debe mantenerse y operarse correctamente.
- Pedir asesoramiento: Las membranas más nuevas tienen mayor resistencia a ciertas impurezas; sin embargo, esta mayor resistencia puede tener un impacto en la durabilidad mecánica. Trabaje de cerca con los proveedores de membranas y con los proveedores de electrolizadores para verificar la elección y los procedimientos sugeridos para la manipulación y operación.

Lista de verificación de selección de membrana (continuación)

✓ **Tecnología y hardware:**

Los equipos más nuevos por lo general son más apropiados para membranas de alto desempeño; los equipos más viejos pueden requerir membranas con mayor durabilidad.

Cosas a tener en cuenta

- Cuestiones de funcionamiento: Dos diseños idénticos de equipo pueden tener un desempeño muy diferente según cómo se operen.
- Pedir asesoramiento: Los proveedores de membranas pueden brindar capacitación e instrucciones de uso que ayuden a preservar el desempeño y la vida de la membrana.

✓ **Condiciones operativas:**

Las temperaturas, las concentraciones de vapor del proceso, la pureza de la salmuera y la presión diferencial afectan el desempeño de la membrana.

Cosas a tener en cuenta

- Lograr un equilibrio: Trabajar con una concentración cáustica más baja puede ofrecer mejor desempeño de voltaje, pero eficiencia de corriente más baja. Trabajar con concentraciones cáusticas más altas puede ofrecer mejor eficiencia de corriente, pero peor desempeño de voltaje.
- Pedir asesoramiento: Hay un rango de concentraciones y temperaturas aceptables para cada membrana para optimizar el desempeño. Los proveedores de membranas pueden hacer recomendaciones para optimizar la planta del fabricante.

Después de la selección de la membrana, comienza la verdadera prueba

Un fabricante podría elegir la mejor membrana para su planta, pero si no la almacena, manipula, instala y usa correctamente, pondrá en riesgo su desempeño y su vida útil. Las membranas son susceptibles a daño mecánico durante la instalación y también durante su uso; su desempeño y vida están muy influenciados por las condiciones operativas, incluida la calidad de la salmuera. El proveedor de la membrana suele brindar capacitación exhaustiva, pero estas son algunas prácticas recomendadas para maximizar el desempeño de la membrana.

Estas son algunas prácticas recomendadas para maximizar el desempeño de la membrana.

Consejos para garantizar que el desempeño de la membrana sea el esperado

- Las membranas deben manipularse con cuidado, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Deben controlarse las acciones y los equipos que pueden cortar o romper las membranas.
- No se debe permitir que las membranas se sequen durante la instalación. Si las membranas se contraen, se arrugan durante el uso y estarán sujetas a la abrasión.
- Deben seguirse las especificaciones iniciales, incluidas la temperatura y las concentraciones, para que las membranas estén correctamente "acondicionadas" para su desempeño en estado estacionario.
- Mantener las especificaciones de impureza de la salmuera es importante para evitar la acumulación de impurezas en la membrana, lo cual puede reducir la eficiencia de corriente y aumentar el voltaje.
- Mantener las condiciones operativas, especialmente las concentraciones, es importante para prolongar la vida útil de la membrana.
- Mantener bajas las fluctuaciones de la presión es esencial para evitar daños mecánicos, como la abrasión, en la membrana.
- Monitorear las condiciones de interrupción y espera también es importante para evitar daños secundarios en las membranas, como, por ejemplo, corrosión del cátodo con absorción de níquel en la membrana.

Consideraciones económicas

La importancia de la selección de la membrana y de su correcta operación se puede demostrar con datos económicos como los siguientes:

1. Supongamos la operación de 200 unidades electroquímicas (electrochemical units, ECU por sus siglas en inglés) por día (200 toneladas métricas de cloro más 225 toneladas métricas de hidróxido de sodio), con un costo de electricidad de USD 0,10/kilovatio hora y un precio en el mercado abierto de USD 400/ECU.
2. Consideremos un aumento de voltaje (o una diferencia) de 40 milivoltios (mV). La penalización eléctrica sería de USD 19.000/mes.
3. Consideremos una caída en la eficiencia de corriente del 96 % al 95 %.
    - Si se elevara la corriente para compensar la caída de 2 ECU/día, el aumento de la potencia daría lugar a una penalización de USD 18.000/mes.
    - Como alternativa, si no se elevara la corriente, la penalización de 2 ECU/día tendría un valor de USD 25.000/mes si se comprase en el mercado abierto.

Reinventamos el mercado de la energía con las membranas Nafion™

Con más de 50 años de experiencia, el equipo encargado de las membranas y las dispersiones Nafion™ posee el conocimiento para liderar la industria de la energía en el camino hacia un mundo más seguro y más limpio. Las membranas de intercambio iónico Nafion™ son los productos de elección para la electrólisis cloroalcalina, ya que proporcionan rendimiento y durabilidad incomparables. Actualmente, las membranas Nafion™ también ofrecen soluciones vanguardistas para almacenamiento de energía, celdas de combustible, electrólisis del agua, producción de químicos de pureza ultraalta y otras aplicaciones especializadas.

Las membranas Nafion™ de Chemours brindan:

Estabilidad química y conductividad de protones superior

La estructura de las membranas Nafion™ consiste en un eje principal flexible e hidrofóbico que proporciona excelente estabilidad mecánica y química, en tanto que sus grupos pendientes ofrecen alta conductividad protónica.

Adaptabilidad para sistemas electrolíticos alternativos

Diseñada a partir de la sólida base de conocimientos y la experiencia en la industria de Chemours, las propiedades de la membrana Nafion™, como la conductividad iónica y la permeación, pueden ajustarse a varios niveles de las técnicas de procesamiento de membrana, monómeros y polímeros.

Rendimiento comprobado de la experiencia de campo líder en la industria

Las membranas de intercambio iónico Nafion™ han servido como material de referencia en varias industrias.

Es hora de dejar entrar el futuro. ¿Se unirá a nosotros?

Visite **Nafion.com** o llame a uno de nuestros técnicos expertos:

Estados Unidos y Canadá ..... +1 844 773 2436 o +1 302 773 1000
Asia Pacífico - Norte ..... +86 400 8056 528
Asia Pacífico - Sur ..... +91 124 479 7400
Europa, Medio Oriente y África ..... +41 22 719 1500
Brasil 0800 110 728
México ..... 1 800 737 5623 o +55 55 5125 4907 (DF)

Más beneficios de las membranas Nafion™ para aplicaciones de electrólisis

- Duraderas
- Brindan un alto rendimiento
- Funcionan en entornos cáusticos y de bajo voltaje
- Conservan sus propiedades a lo largo del tiempo
- Son adecuadas para aplicaciones en las que se utiliza energía renovable intermitente

Nafion™

Chemours™

La información expuesta en el documento presente es suministrada sin cargo y se basa en datos técnicos que, en la opinión de Chemours, son confiables. Chemours no proporciona garantías, expresas o implícitas, y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso dado a esta información. Nada en el documento presente debe considerarse como una autorización para operar o una recomendación para transgredir patentes o marcas comerciales.

© 2023 The Chemours Company FC, LLC. Nafion™ y todos los logotipos asociados son marcas comerciales o derechos de autor de The Chemours Company FC, LLC. Chemours™ y el logotipo de Chemours son marcas comerciales de The Chemours Company.

C-11604-ES (04/23)