

Fundamentos de Química: A Base da Química: Selectividad del Seletividade da Intercambio Iónico Troca Iônica

3ª de 3 Partes

por C.F. "Chubb" Michaud

Español

Resumen: En la primera parte de esta serie, discutimos los fundamentos de la química y la formación de iones a través de varios compuestos y sales que se disuelven en el agua. Asimismo indicamos que el proceso de intercambio iónico es simplemente un ejemplo de la química aplicada que aprendemos a través de la observación. La segunda parte examinó el análisis del agua y su conversión a información útil para establecer un diseño de intercambio iónico. La tercera parte, que incluye este artículo, cubre la selectividad de las resinas de intercambio iónico y la mejor manera de diseñar sistemas de tratamiento de intercambio iónico para optimizar los resultados. Asimismo provee información útil sobre la manera de usar la Tabla Periódica de los Elementos para predecir la selectividad en el intercambio iónico.

¿Alguna vez se ha preguntado por qué funcionan los suavizadores? ¿Cómo sabe la resina de intercambio iónico que solamente debe eliminar la dureza? ¿Por qué elimina sodio durante la corrida de servicio, y sin embargo podemos usar sal de sodio para recargar esa misma resina durante la regeneración? ¿Cómo es que podemos usar agua de mar para regenerar un suavizador y luego podemos usar esa misma resina para suavizar el agua de mar? La respuesta es la selectividad de intercambio iónico. La selectividad es el aspecto individual más importante del intercambio iónico. Un diseño del sistema alrededor de la selectividad puede hacer que el intercambio iónico realmente funcione para usted.

Si tomamos dos sales solubles, tales como el cloruro de calcio y el carbonato de sodio, como se describió en la primera parte de esta serie (ver "Parte I," *Agua Latinoamérica*, marzo/abril 2003), y las mezclamos en una solución, eventualmente el calcio reaccionará con el ion de carbonato, precipitándolo como CaCO_3 . Debido a que el calcio prefiere estar con el ion de carbonato, podemos decir que tiene una mayor "selectividad". A la Madre Naturaleza le gusta tener las cosas tranquilamente en reposo. Si vemos a nuestro alrededor a la gran variedad de rocas y compuestos naturales, podríamos preguntarnos, "¿Por qué existe ese compuesto?" Asimismo podríamos preguntar, "¿Por qué es salada el agua de mar?" o "¿Si el agua es el solvente universal, por qué no se disuelve el silicio en la arena de la playa?" Una vez más, la respuesta es la selectividad. Si solubilizáramos todo el planeta en un tanque gigante de agua, y luego permitiéramos que el agua se evaporara lentamente, resultaríamos de vuelta con nuestras rocas y compuestos, con aproximadamente la misma pureza y en la misma cantidad—pero no en el mismo lugar.

La tendencia de un ion de reaccionar preferiblemente con otro es el mismo principio bajo el cual funcionan los intercambiadores iónicos—suavizadores, desmineralizadores y/o desionizadores. Cada tipo de resina

Português

Resumo: Na primeira parte desta série, discutimos os fundamentos da química e a formação de íons por vários compostos e sais que se dissolvem na água. Mostramos também que o processo de troca iônica é apenas um exemplo da química aplicada que aprendemos com a observação. A segunda parte abordou a análise da água e sua conversão em informações utilizáveis para a elaboração de um projeto de troca iônica. Esta terceira parte trata da seletividade das resinas de troca iônica e de como projetar melhores sistemas de tratamento por troca iônica para otimizar os resultados. Ela fornece também algumas informações úteis sobre o uso da Tabela Periódica dos Elementos para prever a seletividade na troca iônica.

Alguma vez você já pensou como funcionam os abrandadores? Como é que a resina de troca iônica sabe que deve remover somente a dureza? Por que ela libera sódio durante a operação e, apesar disso, podemos usar um sal de sódio para recarregar essa mesma resina durante a regeneração? Podemos usar água do mar para regenerar um abrandador e então usar essa mesma resina para abrandar a água do mar. Como? A resposta está na seletividade da troca iônica. A seletividade é o aspecto individual mais importante da troca iônica. Projetar o seu sistema em função da seletividade pode realmente fazer com que a troca iônica trabalhe em seu benefício.

Se pegarmos dois sais solúveis como cloreto de cálcio e carbonato de sódio, conforme descrito na primeira parte desta série (ver "Parte 1", *Agua Latinoamérica*, março/abril 2003), e os misturarmos em solução, o cálcio vai acabar reagindo com o íon carbonato e precipitar como CaCO_3 . Como o cálcio prefere estar com o íon carbonato, podemos dizer que ele possui uma "seletividade" mais alta. A Mãe Natureza gosta de manter as coisas calmamente em repouso. Se olharmos à nossa volta para a infinidade de rochas e compostos naturais, podemos nos perguntar: "Por que esse composto existe?". Podemos também perguntar: "Por que o mar é salgado?" ou "Se a água é o solvente universal, por que a sílica da areia da praia não se dissolve?". Novamente, a resposta é a seletividade. Se solubilizarmos todo o planeta num gigantesco tanque de água e então deixarmos a água evaporar lentamente, teremos as nossas rochas e compostos de volta e com aproximadamente a mesma pureza e quantidade—mas não no mesmo lugar.

A tendência de um íon de reagir preferencialmente com outro é o mesmo princípio segundo o qual os trocadores iônicos—abrandadores, desmineralizadores e/ou desionizadores—funcionam. Cada tipo de resina possui sua própria preferência de seletividade na troca iônica. De uma forma geral, para as soluções diluídas, os íons trivalentes são preferidos

tiene su propia preferencia de selectividad de intercambio. En términos generales, para las soluciones diluidas, se da preferencia a los iones trivalentes sobre los iones bivalentes, los cuales, por su parte, tienen preferencia sobre los monovalentes. Uno esperaría que el calcio, con un número atómico (NA) de 20, fuera más selectivo que otro miembro de su familia, el magnesio (NA=12), pero menos selectivo que el estroncio (NA=38) o el bario (NA=56). La experiencia (y las pruebas de laboratorio) confirman esto. Por lo tanto esperaríamos que el potasio fuera más selectivo que el sodio—lo cual es cierto—y, (refiérase a la Tabla Periódica de los Elementos, "Parte 1," *Agua Latinoamérica*, marzo/abril 2003), la familia de los halógenos (F, Cl, Br, I) tenga un orden de jerarquía—lo cual también es cierto. Por lo general, mientras más alto es el número atómico (para una familia dada), mayor será la selectividad de su sistema de iones e intercambio iónico. En las soluciones concentradas, tales como las aguas salobres regenerantes, ácidos y bases, la selectividad puede cambiar. Además, podemos alterar la selectividad por pH para ciertas resinas. Los complejos iónicos, tales como el cianuro de oro y otras soluciones metálicas, pueden tener una selectividad muy alta—aún más que otros iones bivalentes y trivalentes. Esto hace posible la separación de los metales. Nuestra habilidad de manipular la selectividad del intercambio iónico es lo que le da una utilidad tan alta.

Al aumentar el nivel de entrelace de la resina catiónica estándar de ácido fuerte, disminuye su nivel de humedad. Con sus hileras de polímeros más compactas (menor humedad, menor hinchazón), las resinas entrelazadas más altas tienen una mayor densidad de carga y, de tal manera, atraen a todos los cationes con mayor fuerza.

La siguiente gráfica de selectividad (ver *Tabla 1*) muestra la relación

aos bivalentes, que, por sua vez, são preferidos aos monovalentes. Seria de se esperar que o cálcio, com um número atômico (NA) de 20, fosse mais seletivo do que o magnésio (NA=12), membro de sua família, mas menos do que o estrôncio (NA=38) ou o bário (NA=56). A experiência (e os ensaios de laboratório) confirmam isso. Assim sendo, esperaríamos que o potássio fosse mais seletivo do que o sódio—o que é verdade-e, (consulte a Tabela Periódica, "Parte 1", *Agua Latinoamérica*, março/abril 2003) a família dos halogênios (F, Cl, Br, I) tivesse uma hierarquia—o que também é verdade. Em geral, quanto maior o número atômico (para uma determinada família), mais alta a seletividade de seu íon em um sistema de troca iônica. Em soluções concentradas, tais como salmouras, ácidos e bases regenerantes, a seletividade pode variar. Além disso, podemos alterar a seletividade de certas resinas pelo pH. Complexos iônicos como o cianeto de ouro e outras soluções metálicas podem ter uma seletividade muito alta—muito mais do que outros íons bivalentes ou até trivalentes. Isso possibilita a separação de metais. Nossa capacidade de manipular a seletividade da troca iônica é o que lhe confere tamanha utilidade.

À medida que o nível de reticulação da resina catiônica padrão de ácido forte aumenta, seu nível de umidade diminui. Com suas fitas de polímero mais compactadas (menos umidade, menos intumescimento), as resinas de maior reticulação possuem uma densidade de carga mais alta e, assim, atraem com mais força todos os cátions.

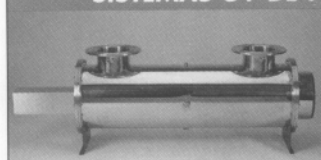
A tabela de seletividade seguinte (ver *Tabela 1*) mostra a relação de seletividade relativa de certos cátions em função do nível de reticulação da resina catiônica. A reticulação não altera a ordem de seletividade, mas de fato acentua as diferenças. A reticulação mais alta engloba as diferenças e, portanto, torna-se a resina de escolha para separar íons de características

La solución correcta para todas sus necesidades de Tratamiento de Agua con OZONO • UV

- **Alta Producción**, Unidades Eficientes en Energía
- **Fácil Instalación**, Paquetes Compactos
- **Completa** Integración de Sistemas

- ✓ *Desinfección de Agua y Aguas Residuales*
- ✓ *Tratamiento de Agua de Alta Pureza*
- ✓ *Tratamiento de Agua para Piscinas, Spas y Recreo*
- ✓ *Alimentos y Bebidas*
- ✓ *Sanitización de Superficies*

SISTEMAS UV DE PRESIÓN MEDIANA



LAS LÁMPARAS UV MÁS EFICIENTES DE LA INDUSTRIA

- Los sistemas UV de presión mediana con una sola lámpara ofrecen instalación compacta con menor mantenimiento.
- ERL, "Ensamblaje Rápido de Lámpara", proporciona la mayor facilidad y rapidez de la industria en repuesto de lámparas.

Ozonía North America +1(201) 794-3100

Suiza, Tel. +41(1) 801-8511 • Escocia, Tel. +44(141) 810-4861 • Rusia, Tel. +7(8312) 33-44-84 • Corea del Sur, Tel. +82(2) 631-0330

OZONIA®



SISTEMAS DE INYECCIÓN DE OZONO

SISTEMAS COMPLETOS O UNIDADES INDIVIDUALES

- Concentraciones altas de ozono hasta 15%
- Dieléctricos virtualmente irrompibles
- Construcción compacta y modular

www.ozonia.com

email: sales@ozonia.com

491 EDWARD H. ROSS DRIVE • ELMWOOD PARK, NJ 07407, EE.UU.

• Circule 13 en la Tarjeta de Servicio al Lector •

de selectividad relativa de ciertos cationes con respecto al nivel de entrelace de la resina catiónica. El nivel de entrelace no cambia el orden de selectividad pero sí acentúa las diferencias. Las diferencias se esparcen con un mayor entrelace y, por lo tanto, se convierte en la resina apropiada para separar iones con características similares (cromatografía). Al reducir el nivel de entrelace, las diferencias disminuyen.

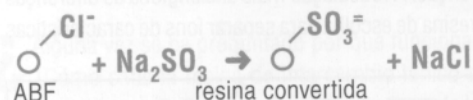
La siguiente gráfica (ver *Tabla 2*) muestra la selectividad relativa de aniones selectos para resinas típicas, Tipo I de base fuerte.

Las resinas catiónicas de ácido fuerte (CAF), de ácido débil (CAD), aniónicas de base fuerte (ABF) (I y II) y de base débil (ABD), tienen todas una selectividad diferente y distinta preferencia, hasta para los mismos iones. Seleccionar la resina adecuada en la forma apropiada puede ayudarlo a eliminar y concentrar la mayoría de iones de soluciones diluidas. Esto puede ayudar a explicar por qué cualquier fabricante puede ofrecer docenas de resinas de intercambio iónico, que parecen hacer el mismo trabajo.

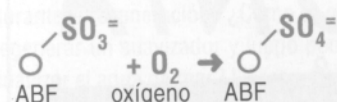
Las resinas de intercambio iónico pueden ser puestas en cualquier forma iónica y pueden ser regeneradas casi con cualquier compuesto que sea soluble en agua. Uno no está limitado al uso del cloruro de sodio, hidrógeno (ácidos) o hidróxido (bases).

Ejemplo 1: Un anión de base fuerte puede ser puesto en forma de sulfito, regenerándolo con sulfito de sodio el cual, por su parte, tomará oxígeno de las corrientes de alimentación convirtiéndose en sulfato.

Reacción 1. Regeneración

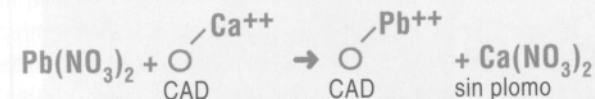


Reacción 2. Servicio

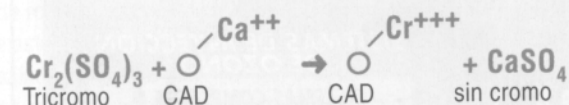


Ejemplo 2: Una resina de ácido débil en forma de calcio todavía puede hacer un intercambio por plomo, lo cual la hace muy atractiva para aplicaciones de cartucho y tratamiento de residuos para éste y otros metales que puedan presentar un riesgo a la salud.

Reacción 3. Plomo



Reacción 4. Cromo



Ejemplo 3: Las resinas de base débil en forma de sal (forma ácida) intercambiarán sus radicales ácidos por otros de mayor selectividad. Nuevamente, esto es propicio para el uso de un eliminador muy selectivo en ciertas aguas subterráneas contaminadas con metales.

Reacción 5. Servicio



Tabla 1. Selectividad Catiónica vs. Nivel de Entrelace (DVB)*

Elemento	4%	8%	16%
Monovalente			
Li (litio)	0.63	0.51	0.42
H (hidrógeno)	0.84	0.64	0.62
Na (sodio)	1.00	1.00	1.00
NH ₄ (amonio)	1.20	1.29	1.41
K (potasio)	1.44	1.46	1.90
Rb (rubidio)	1.56	1.60	1.95
Cs (cesio)	1.69	1.64	1.97
Ag (plata)	2.99	4.30	9.66
Divalente			
Mg (magnesio)	1.87	1.66	1.48
Zn (zinc)	1.98	1.75	1.60
Co (cobalto)	2.04	1.90	1.61
Cu (cobre)	2.08	1.94	1.88
Cd (cadmio)	2.13	1.96	2.09
Be (berilio)	2.17	2.02	2.63
Ni (níquel)	2.18	1.98	1.71
Mn (manganeso)	2.16	2.07	2.07
Ca (calcio)	2.63	2.61	3.07
Sr (estroncio)	2.97	3.29	4.26
Pb (plomo)	4.15	5.00	7.60
Ba (bario)	4.72	5.80	8.78
Trivalente			
Cr (cromio)	4.17	3.84	4.43
Ce (cerio)	4.75	5.35	7.17
La (lantano)	4.81	5.40	7.17

NOTA: En esta tabla, al sodio (Na) arbitrariamente se le ha asignado un valor de 1.00 en cada columna. La fuerza relativa de la atracción del sodio asciende con el entrelace. Si asignamos un valor de 1.0 al entrelace de 4% únicamente, entonces el valor de selectividad del sodio se convierte en 1.25 para el 8% y 1.50 para el 16%.

* DVB, o divinilbenceno, es el entrelace en la mayoría de las resinas de intercambio iónico.

Tabla 2. Selectividad Aniónica para Resina Tipo I

Ion	Selectividad	Ion	Selectividad
Diclorofenato	53	HSO ₃ (bisulfito)	1.30
Salicilato	28	BrO ₄ (bromato)	1.01
Fenato	8.7	Cl (cloruro)	1.00
I (yoduro)	7.30	OH (hidróxido)	0.65
HSO ₄ (bisulfato)	6.10	HCO ₃ (bicarbonato)	0.53
NO ₃ (nitrato)	3.30	H ₂ PO ₄ (fosfato ácido)	0.34
Br (bromito)	2.30	Formato	0.22
NO ₂ (nitrito)	1.30	Acetato	0.18
CN (cianuro)	1.30	F (fluoruro)	0.13

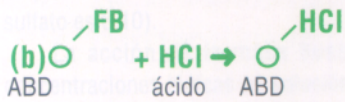
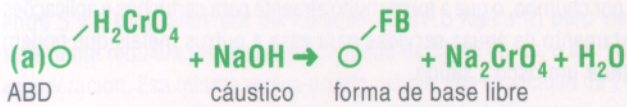
NOTA: En esta tabla, al cloruro arbitrariamente se le asigna un valor de 1.00

Tabla 3. Resinas y sus Aplicaciones Comunes de Reducción/Remoción

Problema	Resina	Regenerante
Alcalinidad	ABF II	NaCl o KCl
Arsénico ⁵	ABF I	NaCl o KCl
Cianuro	ABF I	NaCl o KCl
Cobre	CAF	NaCl o KCl
Hierro	CAF	NaCl o KCl
Nitrato	ABF II	NaCl o KCl
Selenio	ABF I	NaCl o KCl
Radio	CAF	NaCl o KCl
Sulfatos	ABF II	NaCl o KCl
Uranio	ABF II	NaCl o KCl
Fluoruro	ABF II	NaCl o KCl

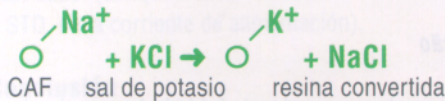
Donde: CAF = intercambiador catiónico de ácido fuerte
ABF I = anión de base fuerte Tipo I
ABF II = anión de base fuerte Tipo II

Reacción 6. Regeneración

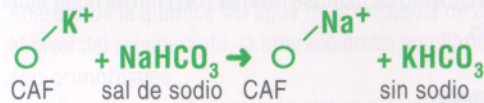


Ejemplo 4: Una resina de ácido fuerte, con cloruro de potasio (KCl), puede ser convertida a resina fija en forma de K⁺ y puede ser usada para eliminar sodio de un suministro de ósmosis inversa (OI), para obtener agua casi sin sodio.

Reacción 7. Regeneración



Reacción 8. Servicio



Otros usos comunes con regeneraciones de NaCl o KCl incluyen la reducción/eliminación de:

semelhantes (cromatografia). Com a redução da reticulação, as diferenças diminuem.

O próximo quadro (ver Tabela 2) mostra a seletividade relativa de ânions selecionados para resinas típicas de Tipo I de bases fortes.

As resinas catiônicas de ácido forte (CAF*), de ácido fraco (CAD*), aniônicas de base forte (ABF*) (I e II) e de base fraca (ABD*) possuem, todas elas, seletividades diferentes e preferências diferentes, mesmo para os mesmos íons. A seleção da resina apropriada na forma apropriada pode ajudá-lo a remover e concentrar mais íons das soluções diluídas. Isso talvez ajude a explicar por que qualquer fabricante pode oferecer dezenas de resinas de troca iônica que aparentemente desempenham o mesmo papel.

**Por suas siglas em espanhol.*

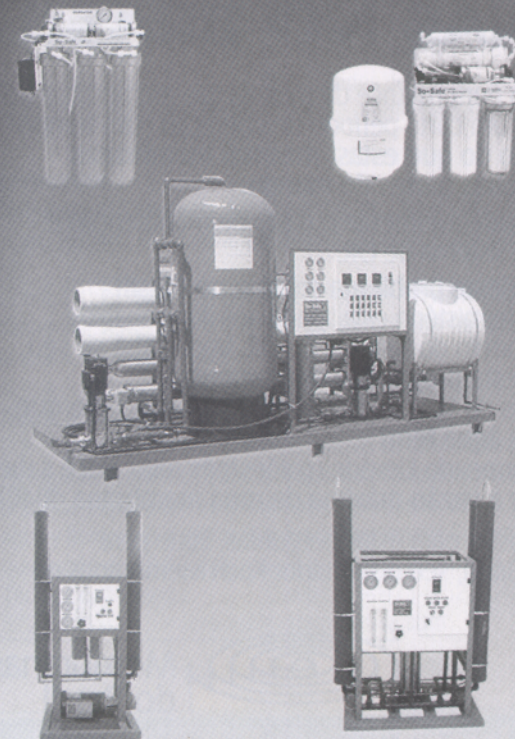
As resinas de troca iônica podem ser colocadas em qualquer forma iônica e ser regeneradas com quase qualquer composto solúvel em água. Não estamos limitados ao cloreto de sódio, hidrogênio (ácidos) ou hidróxidos (bases).

Ejemplo 1: Pode-se colocar um ânion de base forte na forma de sulfito regenerando-o com sulfito de sódio que, por sua vez, sequestrará o oxigênio das correntes de alimentação ao converter o sulfito em sulfato.

Reação 1. Regeneração (ver texto em espanhol)

Reação 2. Serviço (ver texto em espanhol)

Sistemas de OI Comerciales e Industriales



Fabricantes y Proveedores de productos de purificación de agua de máxima calidad

Calidad, precio y tiempo de entrega.

¡Todo lo que usted necesita!

Portafiltros (transparentes y de colores), Unidades sobre-mostrador sencillas y dobles, Sistemas Ultravioleta, Cartuchos de Hilo Enrollado de 10" a 72" de altura, KDF, SGAC, GAC, además de otros tipos de materias filtrantes.

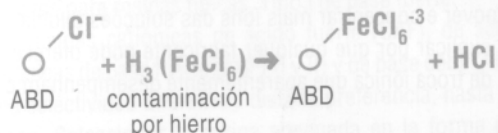


 DNV ISO 9001 REGISTERED FIRM <small>DNV LAMPENVEI, THE NETHERLANDS</small>	 TOM COMMITTED TO TOTAL QUALITY MEMBER WATER & QUALITY ASSOCIATION <small>U.S.A.</small>	 So-Safe Water Technologies Consumer Products Division So-Safe <small>So-Safe is a registered trademark of So-Safe Water Technologies, Inc. U.S.A.</small>	So-Safe Products L.L.C. Opposite, Cricket Stadium, P.O. Box 20411, Shreve, U.S.A. Factory Ph : (971) 6-5433797 Factory Fax : (971) 6-5421798 E-Mail : solms@so-safe.net Web Site : www.acsafo.net
--	--	--	--

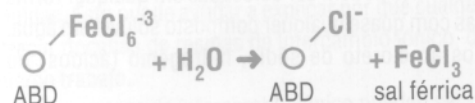
• Circule 14 en la Tarjeta de Servicio al Lector •

Ejemplo 5: El hierro forma un complejo aniónico muy fuerte (FeCl_6^{-3}) al ser disuelto en ácido hidroclórico concentrado. Si el HCl se contamina con hierro, uno puede utilizar un anión de base fuerte en forma de cloruro para eliminarlo. Debido a que la especie compleja solamente existe en HCl fuerte, al lavar la resina usada con agua pura el hierro se convierte nuevamente a un catión trivalente, eliminándose de la resina.

Reacción 9. Servicio



Reacción 10. Regeneración



Hemos discutido la selectividad como el pilar del proceso de intercambio iónico junto con la influencia sutil del entrelace y la concentración del agua de alimentación. Existe una consideración adicional que expande el uso del intercambio iónico, y debe ser tomada en cuenta. Dicha condición tiene que ver con el proceso de equilibrio y se conoce como acción de masa. Descrita en términos sencillos, si tenemos una resina limpia en una forma iónica, se intercambiará con cualquier otra, sin importar la selectividad. Nosotros vemos esto en nuestra descripción del descalcificador aniónico. El bicarbonato se encuentra en realidad más abajo en la lista que el cloruro (selectividad de 0.53 vs. 1.00). Sin

Exemplo 2: Uma resina de ácido fraco na forma de cálcio ainda fará a troca por chumbo, o que a torna muito atraente para cartuchos e aplicações de tratamento de águas servidas para esse e outros metais que podem constituir um risco à saúde.

Reação 3. Chumbo

Reação 4. Cromo

Exemplo 3: Resinas de base fraca em forma de sal (forma ácida) trocarão seus radicais ácidos por outros de seletividade mais alta. Novamente, isso constitui um sequestrante muito seletivo para certas águas subterrâneas contaminadas por metais.

Reação 5. Serviço

Reação 6. Regeneração

Exemplo 4: Pode-se converter uma resina de ácido forte com cloreto de potássio (KCl) para colocar a resina na forma K^+ e utilizá-la para sequestrar o sódio de um abastecimento de osmose reversa (OR) fim de obter água quase isenta de sódio.

Reação 7. Regeneração

Reação 8. Serviço

NOVA FILOSOFIA PARA A VIDA MÁXIMA DAS MEMBRANAS NO BRASIL.



ESTÁ CONVENCIDO QUE SEU SISTEMA DE OR TEM BOA SAÚDE? VOCÊ ESTÁ SATISFEITO COM A VIDA ÚTIL DE SUAS MEMBRANAS?

O fato é que a performance da maioria das membranas no Brasil decai após um curto período de operação - **um tempo muito mais curto do que estas mesmas membranas alcançam em outras partes do mundo.**

Isto eleva consideravelmente o custo de manutenção e operação de um Sistema de OR.

Qual a razão deste problema crônico no Brasil?

A solução deste mistério está ligada aos itens abaixo:

- 1) Projeto Incorreto do Sistema de OR. **Você sabe se seu sistema de OR está projetado corretamente?**
- 2) Altos Índices de SDI (Silt Density Index). **Você sabe que nível de SDI sua água tem?**
- 3) Fluxo de Permeado Elevado (galões/pés²/dia). **Você sabe qual deveria ser a vazão máxima de uma membrana 4040?**

Saiba as respostas para estas perguntas, ligue para Membranas do Brasil, seu distribuidor Koch Membranes no Brasil.



Membranas do Brasil

Rua Mário Fongaro, 651 - Vila Marlene
São Bernardo do Campo - SP - Cep: 09732-530
Fone/Fax: (11) 4121-6961
membranas@membranasdobrasil.com.br

K KOCH
MEMBRANE SYSTEMS

embargo, ocurrirá el intercambio entre el bicarbonato en el agua y el cloruro en la resina. La capacidad es bastante baja (aproximadamente entre 5 y 7 kilogramos por pie cúbico—Kg/ft³ o Kg/cu ft) pero viable, y solamente requiere una pequeña cantidad de sal (5 libras, o lbs.) para la regeneración. Esa misma resina podría exhibir una capacidad de 20 Kgr/ft³ para eliminar sulfatos, debido a la selectividad (la selectividad del sulfato es 6,10).

La acción de la masa busca crear un equilibrio entre las concentraciones iónicas en solución (la corriente de alimentación) y la concentración iónica de esa misma especie en la resina. Si la resina contiene muy poco de dicho ion (debido a una regeneración limpia), entonces ocurrirá el intercambio. Esto permite el uso del intercambio iónico para eliminar los fluoruros ("Fluoridation—Friend or Foe," WC&P, Septiembre 1996) de una manera bastante efectiva, si la química del agua es correcta. Asimismo permite el uso de agua de mar para regenerar a un suavizador (aunque existen limitaciones en los sólidos disueltos totales, o STD, de la corriente de alimentación).

Conclusión

Existen muchas variables de corrientes de alimentación y regenerantes que definirán el rendimiento de una aplicación de intercambio iónico. Además de la química del agua de la corriente de alimentación, el flujo y el nivel del regenerante, la interacción de equilibrio y selectividad iónica son primordiales.

En general, mientras más alta sea la valencia del ion, mayor será la selectividad. Asimismo, mientras más alto sea el número atómico dentro de una familia (de la misma valencia) mayor será la selectividad.

Las resinas de intercambio iónico pueden ser fabricadas para hacer algo más que suavizar y desionizar el agua, seleccionando la resina apropiada y el regenerante apropiado para el trabajo. Cualquier sal soluble, o ácido puede ser utilizado como regenerante, resultando en la conversión de uno o más elementos del alimento a una química totalmente distinta. Resulta aun posible lograr una eliminación selectiva de una sola especie iónica, por ejemplo nitratos, sulfatos, ácidos de frutas o metales, con una opción aplicada de intercambio iónico y un diseño adecuado. ♦

Referencias

1. Dictionary of Chemistry, McGraw-Hill Inc., New York, 1994.
2. Kunin, Robert, Ion Exchange Resins, Krieger Publishing, New York, 1972.
3. Michaud, C.F., "Fluoridation—Friend or Foe," WC&P, Septiembre 1996.
4. Wachinski, A.M., and J.E. Etzel, Environmental Ion Exchange, Lewis Publishers, New York, 1997.

Acerca del Autor

C.F. "Chubb" Michaud, CWS-VI, obtuvo su licenciatura y maestría en ingeniería química de la Universidad de Maine y tiene más de 30 años de experiencia profesional en procesos de tratamiento de agua y fluidos. Es director técnico de Systematix Co., una compañía que fundó en 1982. Además es miembro del Comité de Revisión Técnica de la revista. Contacto: +1(714) 522-5453, +1(714) 522-5443 (fax), cmichaud@systematixusa.com

¡Ahorre tiempo y dinero!

Utilice la Tarjeta de Servicio al Lector en la página 9

Outros usos comuns com regeneração por NaCl ou KCl incluem a redução/remoção de:

Exemplo 5: O ferro forma um complexo aniônico muito forte (FeCl₆)⁻³ quando dissolvido em ácido clorídrico concentrado. Caso o HCl se contamine com ferro, pode-se usar um ânion de base forte na forma de cloreto para removê-lo. Como a forma complexada existe apenas no HCl forte, enxaguar a resina esgotada com água comum converte o ferro de volta para um cátion trivalente, eliminando-o da resina.

Reação 9. Serviço

Reação 10. Regeneração

Discutimos a seletividade como a espinha dorsal do processo de troca iônica juntamente com a influência sutil da reticulação e da concentração da alimentação. Existe uma consideração adicional que entra em jogo, a qual expande o uso da troca iônica. Essa condição tem a ver com o processo de equilíbrio, à qual nos referimos como ação de massa. De uma forma simples, se tivermos uma resina limpa em uma forma iônica, ela sofrerá troca com qualquer outro íon em solução, independentemente da seletividade. Vemos isso em nossa descrição do desalcalinizador aniônico. O bicarbonato, na verdade, está mais para baixo na lista do que o cloreto (seletividade de 0,53 em comparação a 1,00). Contudo, vai ocorrer a troca entre o bicarbonato na água e o cloreto na resina. A capacidade é bastante baixa (cerca de 5 a 7 quilogramas por pé cúbico-kgr/pé³) mas viável, exigindo apenas uma pequena quantidade de sal (5 libras-peso) para regeneração. Essa mesma resina pode apresentar uma capacidade de 20 kgr/pé³ na remoção de sulfatos por causa da seletividade (a seletividade ao sulfato é 6,10).

A ação de massa busca atingir um equilíbrio entre as concentrações iônicas em solução (a corrente de alimentação) e a concentração iônica dessa mesma espécie na resina. Se a resina contiver muito pouco desse íon (por causa de uma regeneração limpa), então ocorrerá a troca. Isso possibilita o uso de troca iônica para remover fluoretos de forma bastante eficaz se a química da água estiver correta. Possibilita também o uso de água do mar para regenerar um abrandador (embora haja limitações quanto aos sólidos totais dissolvidos, ou STD, da corrente de alimentação).

Conclusão

Há muitas variáveis das correntes de alimentação e regenerantes que definirão o desempenho de uma aplicação de troca iônica. Além da química da água da corrente de alimentação, vazão e nível do regenerante, a relação entre equilíbrio e seletividade iônica é de grande importância.

Em geral, quanto mais alta a valência do íon, mais alta a seletividade. Além disso, quanto maior o número atômico dentro de uma família (de mesma valência), mais alta a seletividade.

Pode-se fazer com que as resinas de troca iônica façam mais do que apenas abrandar ou desionizar a água ao se selecionarem a resina apropriada e o regenerante apropriado para o serviço. Pode-se utilizar qualquer sal solúvel, base ou ácido como regenerante, resultando na conversão de um ou mais elementos da alimentação para uma química totalmente diferente. É possível até obter uma remoção seletiva de uma única espécie iônica, tal como nitratos, sulfatos, ácidos de fruta ou metais através da escolha de troca iônica aplicada e de um projeto apropriado. ♦