

Normalización de datos en sistemas de ósmosis inversa

La ósmosis inversa (OI) es una tecnología de purificación de agua que separa los contaminantes disueltos del agua mediante el uso de membranas semipermeables que solamente permiten que el agua “pura” las atraviese, así eliminando la gran mayoría de los sólidos disueltos del agua de alimentación.

MIGUEL A. PÉREZ COLÓN
PRESIDENTE DE FARMA GROUP INTERNACIONAL

La Purificación del agua mediante ósmosis inversa se ha convertido en la tecnología de preferencia utilizada en la industria farmacéutica. Igualmente es utilizada en otras industrias como energía, biotecnología, dispositivos médicos y bebidas.



El rendimiento de las membranas en un sistema de ósmosis inversa está influenciado por los cambios en los sólidos disueltos totales (TDS) del agua de alimentación, la presión de alimentación, la temperatura y la tasa de recuperación. Un programa de normalización de datos es un proceso para convertir la información del rendimiento real del sistema de ósmosis inversa, en un formato que se pueda utilizar para compararse con un rendimiento de referencia determinado, que puede ser el rendimiento diseñado o el rendimiento inicial medido. La normalización con referencia al rendimiento inicial del sistema es útil para mostrar cualquier cambio de rendimiento entre el día uno y la fecha actual.

El propósito de la recopilación y el análisis de datos de OI en un programa de normalización, es comprender la verdadera condición de las membranas de OI y brindar información que ayuda a identificar problemas de funcionamiento y su causa raíz. Los datos normalizados tienen en cuenta los factores externos que pueden afectar el rendimiento de la membrana para poder comparar de igual-a-igual los parámetros operativos al revisar los datos normalizados. Los datos de ósmosis inversa que se normalizan luego se comparan con una línea de base (cuando las

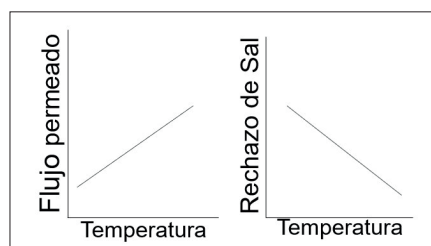
membranas eran nuevas, reemplazadas o limpiadas). Después de la normalización de datos, se puede interpretar información confiable y se pueden tomar mejores decisiones para el mantenimiento de membranas y las operaciones del sistema.

Para monitorear las condiciones operativas y el rendimiento de un sistema de OI, se deben recopilar datos, que incluyen:

- Flujo de permeado (GPM)
- Flujo de concentrado (GPM)
- Temperatura del agua de alimentación (C° / F°)
- Presión de alimentación (PSI)
- Presión de concentrado (PSI)
- Presión de permeado (PSI)
- Conductividad del agua de alimentación
- Conductividad del permeado

Todas estas condiciones de operación afectan directamente la calidad y la cantidad de agua permeada que pueden producir las membranas de ósmosis inversa. El desafío de evaluar con precisión los datos operativos es que cambian constantemente debido a factores que pueden ser engañosos y parecer problemas cuando en realidad no lo son. Es imposible comparar el desempeño observado de ciertos parámetros en un punto y compararlos con otro punto bajo diferentes condiciones de operación.

Los factores cambiantes, como la temperatura, la calidad del agua de alimentación, el flujo de permeado y la recuperación del sistema, tienen un efecto en el rendimiento de la membrana. Por ejemplo, las temperaturas más cálidas permiten que una membrana pase más agua y sólidos disueltos, lo que aumenta el caudal de permeado. Igualmente, presiones más altas también pueden permitir que las membranas produzcan más flujo de permeado.



Influencia de la temperatura en el flujo de permeado y el rechazo de sal.

Tu partner estratégico en **logística** **inteligente**

Más de 30 años de experiencia
y 250 especialistas **para que**
tu negocio llegue a todo mundo



www.airpharmlogistics.com



Airpharm
Logistics care

Una diferencia entre los datos normalizados y el rendimiento inicial o diseñado puede indicar que hay algunos problemas en el sistema como:

- Ensuciamiento y/o calcificación de la membrana
- Daño químico de la membrana: pobre rechazo de sal debido a un cambio químico en la estructura de la membrana por exposición excesiva al cloro o pH extremo
- Falla mecánica: una junta tórica rota o una línea de pegamento de la membrana despegada
- Obstrucción hidráulica: la presencia de incrustaciones (coloides de gran tamaño) o incrustaciones adheridas al espacio del canal de flujo entre las hojas de la membrana

Los problemas potenciales pueden identificarse temprano cuando los datos normalizados son documentados diariamente. Hay tres valores calculados que ayudan a dar una mejor imagen del verdadero rendimiento de la membrana y ayudan a solucionar con precisión los posibles problemas del sistema de ósmosis inversa relacionados con la cantidad y la calidad del agua que produce el sistema. Los tres valores calculados para monitorear y generar tendencias son:

- Flujo de Permeado Normalizado (FPN)
- Rechazo de Sal Normalizado (RSN)
- Presión Diferencial Normalizado (PDN).

Estos indicadores son la piedra angular de un programa exitoso de monitoreo y mantenimiento de OI. Por lo tanto, los efectos de los cuatro problemas anteriores pueden ser monitoreados directamente por las tres variables de valores calculados.

Flujo de Permeado Normalizado (FPN)

El flujo de permeado normalizado (FPN) se considera el parámetro de monitoreo más importante, ya que refleja mejor los cambios en el rendimiento de la membrana de ósmosis inversa, al ser uno de los pronosticadores más sensibles de problemas. Se utilizan los parámetros de temperatura, presión de conducción neta, caída de presión de permeado, sólidos disueltos totales (TDS) del agua de alimentación y flujo de permeado para desarrollar este cálculo complejo. El cálculo de flujo de permeado normalizado (FPN), ajusta las lecturas de datos diarios a lo que serían si el sistema estuviera funcionando a la presión de arranque inicial a 25 °C. Esto permite realizar comparaciones diarias del rendimiento de la OI.

Se puede calcular el Flujo de Permeado Normalizado usando la siguiente fórmula:

$$FPN = \text{Flujo permeado} \times \left(\frac{\text{base presión de conducción neta promedio}}{\text{presión de conducción neta promedio}} \right) \times \left(\frac{\text{base factor correccion temperatura}}{\text{factor correccion temperatura}} \right)$$

Si el FPN cae entre un 10 % y un 15 % por debajo del valor de referencia (la lectura al inicio con membranas nuevas o cuando se reemplazaron o limpiaron las membranas), esto indica que las membranas de OI están ensuciadas o incrustadas con calcificación y deben limpiarse. Si aumenta el FPN, se puede sospechar la degradación física de la membrana. Esta degradación puede ser causada por un ataque químico (de un oxidante como el cloro) o un problema mecánico (como una falla en la junta tórica o junta anular) en la membrana.

Las variaciones estacionales de la temperatura del agua de alimentación pueden dificultar la detección de las tendencias de ensuciamiento si no se utiliza el cálculo del flujo de permeado normalizado. Un aumento en la temperatura del agua de alimentación debido a cambios estacionales afecta el rendimiento de la membrana al aumentar el caudal de per-

meado. Si los elementos de la membrana se ensucian al mismo tiempo (el ensuciamiento provoca una disminución en el caudal de permeado), es poco probable que esto se note hasta que cambien las estaciones. En ese momento, los elementos de la membrana pueden estar severamente ensuciados, con la tasa de flujo de permeado severamente restringida.

Rechazo de sal normalizado (RSN)

El rechazo de sal es el método más conocido para monitorear el rendimiento de un sistema de OI, aunque cualquier problema en el sistema podría haberse detectado y corregido antes al monitorear otros parámetros, como la presión diferencial normalizada y el flujo de permeado normalizado, antes de que el problema afecte el rechazo de sales.

Se puede calcular el rechazo de sal normalizado usando la siguiente fórmula:

$$RSN = 100 - \left(\left(\text{paso de sales} \times \left(\frac{\text{Flujo Permeado}}{\text{Base flujo permeado}} \right) \times \text{factor correccion temperatura} \right) \times 100 \right)$$

RSN indica qué tan bien la membrana de OI está rechazando las sales (contaminantes) y, por lo tanto, está relacionado con la calidad del agua permeada. Si el RSN disminuye, la cantidad de sales que pasan a través de la membrana de OI aumenta (un permeado de menor calidad). Una disminución en el RSN puede indicar ensuciamiento, calcificación o degradación de las membranas de OI. El rechazo de sal es el porcentaje de TDS del agua de alimentación que se ha eliminado en el agua de permeado. Dado que los sistemas de ósmosis inversa se utilizan para eliminar sales disueltas, medir el rechazo de sal (iones) es una forma directa de controlar el rendimiento.

En muchas plantas se ha reemplazado el monitoreo de TDS por medición de conductividad en el agua de alimentación y del agua de permeado. Esto se debe primordialmente por la simplicidad para monitorear conductividad en-línea y la fiabilidad de los sensores de conductividad. Cuando las membranas de OI tienen problemas, el porcentaje de rechazo generalmente disminuye, es decir, la conductividad del permeado comienza a aumentar. Una membrana de ósmosis inversa de buen rendimiento debería proporcionar un rechazo del 97% al 99% y una membrana se considera “mala” cuando el rechazo de la ósmosis inversa cae al 90% o menos. Se puede calcular el rechazo de sal por conductividad usando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de rechazo} = \frac{\text{Conductividad alimentación} - \text{conductividad permeado}}{\text{Conductividad alimentación}} \times 100$$

Se recomienda medir con frecuencia la conductividad del agua permeada en cada módulo de membranas, por ejemplo, semanal o mensualmente. Esto ayudará a determinar si un problema de paso de alto contenido de sal es universal (lo que indica daño a la membrana), aislado en una determinada etapa (posible ensuciamiento) o aislado en una carcasa de presión de membrana individual (lo que indica problemas con las juntas tóricas). La medición de la conductividad de cada etapa se denomina como un “perfilado”.

Durante el funcionamiento normal de una membrana de ósmosis inversa, se puede esperar que el RSN disminuya constantemente durante el uso continuo. Las membranas de ósmosis inversa suelen durar varios años antes de que sea necesario reemplazarlas y una disminución constante del RSN es un signo normal de una membrana envejecida. Un regimiento de limpieza adecuado para las membranas de OI puede ayudar a mejorar el RSN.

Presión Diferencial Normalizado (PDN)

La presión diferencial es la diferencia entre la presión de alimentación y la presión del concentrado que sale del extremo de los elementos. Es una medida de la caída de presión a medida que el agua de alimentación pasa a través de los canales de flujo de todos los elementos del sistema. A un caudal constante, un aumento en la presión diferencial indica que las partículas coloidales grandes o los desechos físicos, como las virutas de la bomba, las incrustaciones inorgánicas y las partículas de biopelículas, están bloqueando los canales de flujo en la membrana de OI. Dado que estas tasas pueden variar diariamente debido a la variación en la temperatura del agua o algunos otros parámetros cambiantes, la presión diferencial real debe normalizarse de acuerdo con la siguiente ecuación para compararla con la presión diferencial inicial.

$$PDN = \text{Caída de presión} \times \frac{\text{Tasa flujo promedio}}{\text{Flujo promedio}}$$

Donde:

$$\text{Caída de presión} = \text{Presión de alimentación} - \text{Presión de concentrado}$$

$$\text{Flujo promedio} = \frac{\text{Flujo permeado} + \text{Flujo concentrado}}{2}$$

Este cálculo nos dice que tan limpio está el espaciador de agua de alimentación en la membrana. Estos espaciadores tienen solamente alrededor de 30 milésimas de pulgada de espesor y, por lo tanto, son extremadamente susceptibles a obstruirse. A medida que se produce el ensuciamiento en la superficie de las membranas, aumenta la resistencia al flujo y aumenta la caída de presión. Un cambio de un 10% en la presión diferencial normalizada podría sugerir cuándo limpiar un sistema de OI. Es recomendable monitorear juntamente los valores de PDN y FPN para determinar cuándo deben limpiarse las membranas de OI.

En conclusión, Si bien los sistemas de ósmosis inversa brindan una tecnología confiable para la purificación del agua, deben monitorearse de cerca para garantizar la calidad adecuada del agua y reducir los costos operativos totales, como energía, reemplazo prematuro de membranas, pérdida de producción y mano de obra. Las membranas son el componente central de un sistema de ósmosis inversa y requieren de un monitoreo continuo para que los problemas potenciales puedan detectarse temprano antes de que se vuelvan serios y costosos para las operaciones de la planta. Independientemente de cuán difícil pueda ser la medición de parámetros y valores de cálculos (FPN, RSN, PDN), la normalización de datos sigue siendo el mejor método para que el usuario pueda monitorizar efectivamente un sistema de ósmosis inversa ●

Spetec - experto ofreciendo soluciones individuales para cualquier aplicación bajo ultra-limpieza



CleanBoy® Maxi
Serie SuSi®



unidad de flujo laminar
Serie SuSi® (super silencioso)

Puestos de trabajo móviles de 0,24m²
hasta 1,12 m² – ofreciendo condiciones
de sala blanca

CleanBoy® Plus:
la solución ideal para cualquier
aplicación requiriendo una alta
fiabilidad de proceso

CleanBoy®
Plus



Nuevo
Producto!